

**Міністерство освіти і науки України
Університет митної справи та фінансів**

**Факультет інноваційних технологій
Кафедра транспортних технологій та міжнародної логістики**

Кваліфікаційну роботу
допущено до захисту
Завідувач кафедри транспортних
технологій та міжнародної логістики,
к.т.н., доцент

_____ А. І. Кузьменко
(підпис)

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА
на тему:
«ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ МІЖНАРОДНИХ ВАНТАЖНИХ
ПЕРЕВЕЗЕНЬ ЗА НАПРЯМОМ КИТАЙ-УКРАЇНА»**

Виконала: студентка групи **T23-1м**
спеціальності 275 Транспортні
технології (на автомобільному
транспорті)

Гомон Владислав Олегович

Керівник: _____
(підпис)

кандидат технічних наук, старший
науковий співробітник

Шаповалов Олексій Вікторович

Рецензент _____
(підпис)

УМСФ, завідувач кафедри
транспортних технологій та
міжнародної логістики,
кандидат технічних наук, доцент
Кузьменко Альбіна Ігорівна

Дніпро
2025

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УНІВЕРСИТЕТ МИТНОЇ СПРАВИ ТА ФІНАНСІВ

Факультет інноваційних технологій
Кафедра транспортних технологій та міжнародної логістики
Ступінь вищої освіти – магістр
Спеціальність 275 Транспортні технології
(на автомобільному транспорті)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри транспортних
технологій та міжнародної логістики
к.т.н., доц.,

А. І. Кузьменко

(підпис)

«01» листопада 2024 р.

З А В Д А Н Н Я
з підготовки кваліфікаційної роботи магістра
студентки групи Т23-1м
ГОМОНА ВЛАДИСЛАВА ОЛЕГОВИЧА

1. Тема роботи: Підвищення ефективності міжнародних вантажних перевезень за напрямом Китай-Україна

Керівник кваліфікаційної роботи магістра: кандидат технічних наук, старший науковий співробітник Шаповалов Олексій Вікторович

Затверджено наказом ректора УМСФ від «11» листопада 2024 р. № 949 кс.

2. Дата подання студентом готової кваліфікаційної роботи магістра на кафедру: «30» грудня 2024 р.

3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи магістра:

3.1 Статистичні дані по контейнерних перевезеннях автомобільним та залізничним транспортом.

3.2 Адреси постачальників та габарити вантажу (див. додаток до завдання)

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, потрібних для опрацювання):

4.1 Проаналізувати сучасний стан вантажних перевезень товару у міжнародному сполученні;

4.2 Описати специфіку мультимодальних перевезень в Україні;

- 4.3 Зазначити транспортно-вагові характеристики контейнера для перевезення;
- 4.4 Розрахувати оптимальний маршрут перевезення збірної вантажу з 5 точок Китаю до порту Шанхай за допомогою задачі Комівояжера;
- 4.5 Описати порт відправки та порт-отримувач;
- 4.6 Розробити маршрут перевезень морським видом транспорту;
- 4.7 Розробити сітьову модель перевезень та скласти технологічну схему доставки вантажу з використанням декількох видів транспорту;
- 4.8 Розробити 4 варіанти доставки вантажу до м.Рівне;
- 4.9 Оцінити ефективність різних маршрутів за допомогою різних критеріїв;
- 4.10 Проаналізувати отримані результати.

5. Перелік графічних матеріалів:

- 5.1 Аналіз організації вантажних перевезень з Китаю до України
- 5.2 Аналіз товарообігу між Україною та Китаєм
- 5.3 Постановка завдання. Розробка міжнародного маршруту
- 5.4 Результати розрахунку оптимального маршруту підвезення вантажів до порту Шанхай методом комівояжера
- 5.5 Розробка сітьової моделі для побудови міжнародного маршруту
- 5.6 Результати розрахунку параметрів для різних схем доставки вантажів з Китаю до України
- 5.7 Вибір схеми перевезення вантажів за критеріями ухвалення рішення в умовах невизначеності
- 5.8 Порівняння маршрутів за критеріями Лапласа, Вальда, Севіджа та Гурвіця

6. Дата видачі завдання: «30» вересня 2024 р.

Студент

(підпис)

(Гомон В.О.)

Керівник кваліфікаційної роботи магістра

(підпис)

(Шаповалов О.В)

Адреси постачальників та габарити вантажу

№ постачальника	Адреса завантаження	Габарити вантажу
1	Changshu City, Jiangsu Province	14 коробів, 11.433 cbm, 8621 кг
2	Xinchang, 312500 Zhejiang province	1 короб, 0,4 cbm, 447 кг
3	Xingtai, Hebei province	129 коробів, 6,875 cbm, 1682,82 кг
4	Yancheng City, Jiangsu Province	<ul style="list-style-type: none"> • 11 палет, 8.24cbm, 10500kg • 9 палет (1.15*0.71*0.84m кожна) • 2 палети (1.1*1*0.94m кожна)
5	Xinjie Town, Xiaoshan District, Hangzhou, Zhejiang	<ul style="list-style-type: none"> • 12 палет, 14.99cbm, 9358 кг • 10 палет (1,14*1,14*1m кожна) • 1 палета(1,14*1,14*1,2m) • 1 палета (1,08*0.8*0.5m)

АНОТАЦІЯ

Гомон В.О. Підвищення ефективності міжнародних вантажних перевезень за напрямом Китай-Україна

Кваліфікаційна робота магістра на здобуття освітнього ступеня «магістр» за спеціальністю 275 Транспортні технології (на автомобільному транспорті). Університет митної справи та фінансів, Дніпро, 2025.

Кваліфікаційна робота магістра присвячена підвищенню ефективності міжнародних вантажних перевезень за напрямом Китай-Україна. У даній роботі розглянуто було проаналізовано статистичні дані з організації контейнерних перевезень з Китаю до України під час війни. Розраховано оптимальний маршрут перевезення збірного вантажу з 5 точок Китаю до порту Шанхай за допомогою задачі Комівояжера; розроблено маршрут перевезень морським видом транспорту. Друга задача присвячена розробці сітьової моделі перевезень та складено технологічну схему доставки вантажу з використанням декількох видів транспорту до м. Рівне. Як результат оцінена ефективність різних маршрутів за допомогою критеріїв та проведено аналіз одержаних результатів.

THE SUMMARY

Gomon V.O. Improving the efficiency of international freight transportation in the direction of China-Ukraine

Master's qualification work for obtaining the degree of «Master» in the specialty 275 Transport technologies (in road transport). University of Customs and Finance, Dnipro, 2025.

Master's qualification work is devoted to increasing the efficiency of international freight transportation in the direction of China-Ukraine. This work considered and analyzed statistical data on the organization of container transportation from China to Ukraine during the war. The optimal route for transporting consolidated cargo from 5 points in China to the port of Shanghai was calculated using the Traveling Salesman problem; a route for transportation by sea transport was developed. The second task is devoted to the development of a network model of transportation and a technological scheme for delivering cargo using several modes of transport to the city of Rivne was drawn up. As a result, the efficiency of various routes was assessed using criteria and the results obtained were analyzed.

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота магістра «Підвищення ефективності міжнародних вантажних перевезень за напрямом Китай-Україна» 68 с., 19 рис., 22 табл., 43 джерела, 1 додатків на 9 стор.

Мета роботи: розв'язання складної проблеми у галузі транспортних технологій, присвяченої підвищенню ефективності міжнародних контейнерних перевезень у змішаному сполученні за участі автомобільного та залізнично видів транспорту на підставі проведення досліджень, які характеризуються невизначеністю умов і вимог.

Об'єкт дослідження – вантажні перевезення.

Предмет дослідження – міжнародні контейнерні перевезення у змішаному автомобільно-залізничному сполученні.

Методи дослідження: методи математичної статистики, теорія систем масового обслуговування.

У процесі написання кваліфікаційної роботи магістра були виконані наступні **завдання:** проаналізувати статистичні дані з організації контейнерних перевезень з Китаю до України під час війни, зазначити транспортно-вагові характеристики контейнера для перевезення; розрахувати оптимальний маршрут перевезення збірного вантажу з 5 точок Китаю до порту Шанхай за допомогою задачі Комівояжера; розробити маршрут перевезень морським видом транспорту; розробити сітьову модель перевезень та скласти технологічну схему доставки вантажу з використанням декількох видів транспорту; розробити 4 варіанти доставки вантажу до м. Рівне; оцінити ефективність різних маршрутів за допомогою різних критеріїв; проаналізувати отримані результати.

Ключові слова: КОНТЕЙНЕРНІ ПЕРЕВЕЗЕННЯ; МІЖНАРОДНА ДОСТАВКА; ЗАДАЧА КОМІВОЯЖЕРА; НЕВИЗНАЧЕНІСТЬ; КРИТЕРІЇ УХВАЛЕННЯ РІШЕННЯ.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
1 АНАЛІЗ СТАТИСТИЧНИХ ДАНИХ ТА НАУКОВИХ ПРАЦЬ З ОРГАНІЗАЦІЇ ВАНТАЖНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ З КИТАЮ ДО УКРАЇНИ	10
1.1 Аналіз організації вантажних перевезень з Китаю до України під час війни	10
1.2 Аналіз наукових праць, присвячених удосконаленню транспортно-логістичних систем вантажних перевезень.....	19
2 ПОБУДОВА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ЗАДАЧІ	23
2.1 Постановка завдання	23
2.2 Загальна схема розв’язування	23
3 РОЗРОБКА МАРШРУТУ ДОСТАВКИ ВАНТАЖУ В ЗМІШАНОМУ СПОЛУЧЕННІ НА ОСНОВІ СІТЬОВОГО ГРАФІКА	38
3.1 Математична модель. Розробка сітьової моделі.....	38
3.2 Оцінка ефективності різних маршрутів.....	40
4 ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ДОСЛІДЖУВАНИХ МАРШРУТІВ.....	50
ВИСНОВКИ	54
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	58
Додаток А. Графічні матеріали	Ошибка! Закладка не определена.

					КРМ	275	09	ПЗ
<i>Змн.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дат</i>	ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ МІЖНАРОДНИХ ВАНТАЖНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ЗА НАПРЯМОМ КИТАЙ-УКРАЇНА			
<i>Розроб.</i>	<i>Гомон В.О.</i>							
<i>Перевір.</i>	<i>Шаповалов</i>							
<i>Реценз.</i>	<i>Кузьменко А.І.</i>							
<i>Н. контр.</i>	<i>Шаповалов</i>							
<i>Затверд.</i>	<i>Кузьменко А.І.</i>				<i>Лім.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>	
					6	69	УМСФ, ГР. Т23-1м	

ВСТУП

Вантажні перевезення між Китаєм та Україною відіграють ключову роль у забезпеченні міжнародної торгівлі та економічної співпраці між країнами. Стратегічне розташування України як транзитного вузла на шляху до європейських ринків робить її важливою ланкою у транспортно-логістичних ланцюгах, що сполучають Азію з Європою. Однак зростаючі обсяги перевезень, зміни глобальних транспортних потоків та вплив сучасних геополітичних і економічних викликів створюють нові вимоги до підвищення ефективності перевезень.

Одним із основних викликів є оптимізація маршрутів, які передбачають залучення різних видів транспорту, таких як залізничний, морський, автомобільний та мультимодальний. Крім того, впровадження сучасних цифрових технологій управління логістикою, покращення інфраструктури та скорочення часу на митні процедури є важливими елементами для забезпечення стабільності та ефективності вантажопотоків.

Дослідження в цій сфері є надзвичайно актуальним, оскільки воно сприяє розвитку конкурентоспроможності України у глобальній логістичній системі та забезпечує надійне сполучення між виробниками і споживачами. Метою роботи є вивчення сучасного стану вантажних перевезень за напрямом Китай-Україна, виявлення проблем та розробка рекомендацій для їх подолання. Це дозволить сформулювати ефективні рішення для покращення логістичних процесів і створення умов для стабільного розвитку міжнародних перевезень.

Мета роботи: розв'язання складної проблеми у галузі транспортних технологій, присвяченої підвищенню ефективності міжнародних контейнерних перевезень у змішаному сполученні за участі автомобільного та залізнично видів транспорту на підставі проведення досліджень, які характеризуються невизначеністю умов і вимог.

Об'єкт дослідження – вантажні перевезення.

Предмет дослідження – міжнародні контейнерні перевезення у

<i>КДМ</i>	<i>Арк.</i>				<i>Дата</i>	<i>№</i>
<i>Гомон</i>	<i>Р</i>					<i>Підпи</i>
Intern	Intern	Internal	<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>		

змішаному автомобільно-залізничному сполученні.

Методи дослідження: методи математичної статистики, теорія систем масового обслуговування.

У процесі написання кваліфікаційної роботи магістра були виконані наступні завдання: проаналізувати статистичні дані з організації контейнерних перевезень з Китаю до України під час війни, зазначити транспортно-вагові характеристики контейнера для перевезення; розрахувати оптимальний маршрут перевезення збірного вантажу з 5 точок Китаю до порту Шанхай за допомогою задачі Комівояжера; розробити маршрут перевезень морським видом транспорту; розробити сітьову модель перевезень та скласти технологічну схему доставки вантажу з використанням декількох видів транспорту; розробити 4 варіанти доставки вантажу до м.Рівне; оцінити ефективність різних маршрутів за допомогою різних критеріїв; проаналізувати отримані результати.

<i>КДМ</i>	<i>Арк.</i>			<i>Дата</i>	<i>№</i>
<i>ГОМОН</i>	<i>9</i>				<i>Підпи</i>
Intern	Intern	Internal	<i>Змн.</i>		<i>Арк.</i>

1 АНАЛІЗ СТАТИСТИЧНИХ ДАНИХ ТА НАУКОВИХ ПРАЦЬ З ОРГАНІЗАЦІЇ ВАНТАЖНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ З КИТАЮ ДО УКРАЇНИ

1.1 Аналіз організації вантажних перевезень з Китаю до України під час війни

Міжнародні перевезення між Китаєм та Україною відіграють важливу роль у розширенні економічної співпраці та забезпеченні українського ринку широким спектром товарів – від електроніки до промислового обладнання. В період з 2021 до 2024 року обсяг вантажопотоків значно зріс, оскільки попит на китайські товари в Україні залишається стабільним [2]. Разом з тим, пандемія COVID-19, політичні кризи та збройний конфлікт вплинули на логістичні ланцюги. Розглянемо більш детально обсяги перевезень, види товарів, основні компанії, які забезпечують доставку, та відповідні статистичні дані [2].



Рисунок 1.1 – Міжнародні перевезення між Китаєм та Україною [1]

Розглянемо основні види перевезень. Морські перевезення. За даними Української асоціації морських портів, морські перевезення становили

<i>КРМ</i>	<i>Арк.</i>				<i>Дата</i>	<i>№</i>
<i>Гомон</i>	<i>10</i>					<i>Підпи</i>
Intern	Intern	Internal	<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>		

приблизно 60% загального обсягу вантажопотоку з Китаю до України. У 2021 році через українські порти було доставлено близько 3,4 млн тонн вантажів із Китаю, включаючи електроніку, одяг, текстиль, медичне обладнання та побутову техніку [3]. Серед основних операторів можна виділити такі компанії, як Maersk, MSC, COSCO Shipping та Evergreen, які є світовими лідерами в контейнерних перевезеннях. Популярними портами для обробки таких вантажів були Одеса, Чорноморськ і Південний, через які щомісяця проходили десятки тисяч контейнерів з Китаю [7].

Залізничні перевезення займали приблизно 25% обсягу перевезень у 2021 році, однак їхній показник значно зменшився у 2022-2023 роках через нестабільність і зміну маршрутів. До війни залізничний маршрут проходив через територію Росії та Білорусі і забезпечував доставку протягом 14-18 днів, тоді як морські перевезення займали до 40 днів [5]. Альтернативні маршрути, такі як Транскаспійський міжнародний транспортний маршрут, допомогли зберегти залізничне сполучення, але час доставки збільшився до 20-30 днів. Основні компанії, які займаються залізничними перевезеннями, включають China Railway Express та українські логістичні компанії, що використовують хабові порти в Казахстані, Грузії та Туреччині [6].

Автомобільні перевезення мали меншу частку, орієнтовно 5-8% від загального обсягу. Вони застосовувались в основному для доставки термінових або цінних вантажів з хабів у країнах Східної Європи до України. Основні оператори автомобільних перевезень, такі як Nova Poshta Global і Meest Express, співпрацюють із китайськими партнерами для забезпечення швидкої доставки товарів [5].

Авіаційні перевезення охоплюють близько 7% вантажопотоку і використовуються переважно для товарів із високою доданою вартістю — електроніка, медичні вироби та запчастини. У період пандемії попит на авіаперевезення зріс, а з ним і вартість послуг. Компанії, такі як DHL, FedEx, UPS, а також українські авіаперевізники, активно займаються транспортуванням авіавантажів із Китаю до України через хаби в Європі [6].

КДМ		Арк.			Дата	№
Гомон		11				Підпи
Intern	Intern	Internal	Змн.	Арк.		

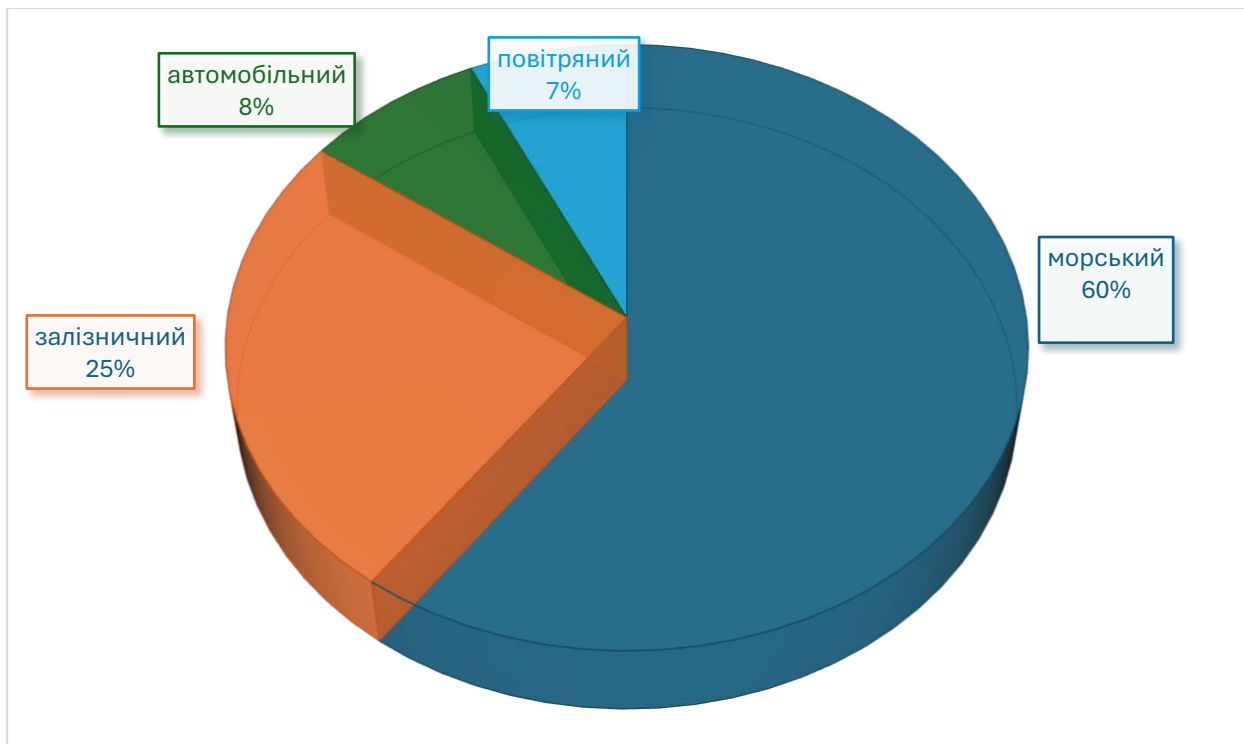


Рисунок 1.2 – Співвідношення видів транспорту за кількістю перевезених товарів у 2021 році

Розглянемо вплив пандемії COVID-19. У 2021 році пандемія COVID-19 створила значні труднощі для міжнародної логістики: карантинні обмеження, нестача контейнерів і зростання цін на морські перевезення. За даними Асоціації міжнародних експедиторів України, вартість контейнерних перевезень з Китаю в Україну зросла на 300-500% у період 2021 року, що ускладнило ведення бізнесу для багатьох українських компаній. При цьому китайські виробники змушені були затримувати постачання через високий попит на медичні товари та електроніку [5].

Опишемо вплив політичної ситуації на логістику. Після початку повномасштабного вторгнення Росії в Україну у 2022 році Україна втратила доступ до багатьох традиційних залізничних маршрутів через територію Росії та Білорусі. Через це транспортні компанії, такі як Укрзалізниця, були змушені шукати альтернативи. На заміну прийшов Транскаспійський маршрут, який проходить через Казахстан, Азербайджан, Грузію, Туреччину та далі до Європи.

КРМ		Арк.			Дата	№
Гомон		12				Підпи
Intern	Intern	Internal	Змн.	Арк.		

Популярність цього маршруту зросла, але збільшення відстані і складність логістики підвищили витрати на транспортування на 20-30% [2].

Контейнерні перевезення між Китаєм та Україною, особливо до порту Одеса, є ключовим компонентом у забезпеченні українського ринку товарами з Китаю. Нижче наведено статистичні дані щодо обсягу контейнерних перевезень до Одеського порту з Китаю за останні роки 8].

Опишемо статистичні дані щодо контейнерних перевезень до порту Одеса з Китаю (2021-2023) У 2021 році пандемія COVID-19 ще суттєво впливала на міжнародну логістику. Попри це, обсяги контейнерних перевезень з Китаю залишалися високими. Кількість контейнерів (TEU): приблизно 200 тисяч TEU (стандартних двадцятифутових контейнерів) були доставлені до Одеського порту з Китаю. Основні товари: електроніка, одяг, текстиль, побутова техніка та товари народного споживання [3].

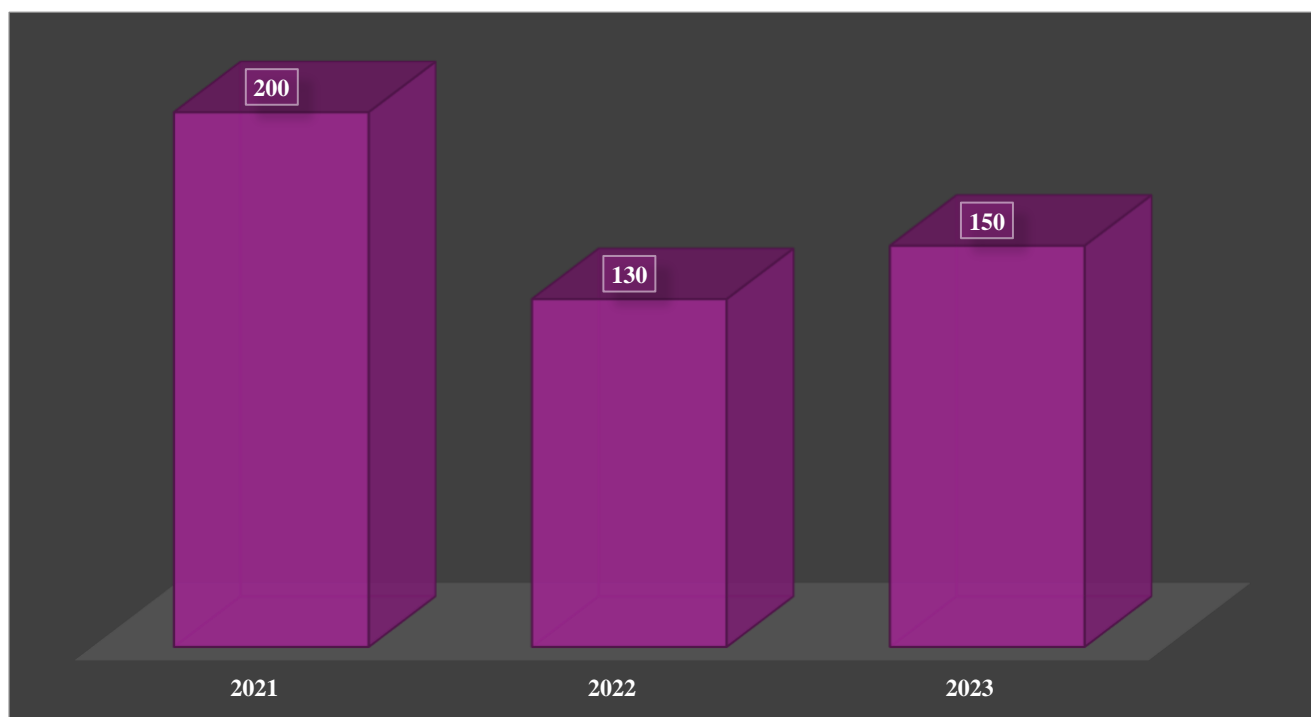


Рисунок 1.3 – Кількість стандартних двадцятифутових контейнерів, які були доставлені до Одеського порту з Китаю

КДМ		Арк.			Дата	№
ГОМОН		13				Підпи
Intern	Intern	Internal	Змн.	Арк.		

Зростання витрат: ціни на контейнерні перевезення зросли на 300-500% через глобальний дефіцит контейнерів. У 2022 році війна в Україні мала значний вплив на міжнародні вантажні перевезення. Кількість контейнерів (TEU): обсяги перевезень зменшились на 30-40% у порівнянні з 2021 роком, що становило близько 120-140 тисяч TEU [4].

Основні товари: через зміну попиту з боку українського ринку основний обсяг становила промислова техніка, товари медичного призначення та товари першої необхідності. Альтернативні порти: у зв'язку із загрозою безпеці частина контейнерів була перенаправлена до інших портів в Європі, звідки товари доставлялися автомобільним або залізничним транспортом до України [6].

У 2023 році стабілізація морських перевезень і адаптація українського ринку до умов війни частково відновили обсяги контейнерних поставок.

Кількість контейнерів (TEU): близько 150 тисяч TEU було доставлено до Одеси. Основні товари: техніка, обладнання, електроніка, меблі та побутові товари. Зниження тарифів: порівняно з піковими значеннями 2021 року тарифи на морські перевезення поступово знижувалися, хоча вони залишаються вищими за довоєнний рівень [7].

Основні компанії, що здійснюють контейнерні перевезення з Китаю до Одеси є Maersk, COSCO Shipping, MSC, Evergreen – ці компанії обслуговують більшість контейнерних перевезень з Китаю до України. Завдяки їхній логістичній мережі значну частину вантажів вдалося переправити навіть у складних умовах 2022-2023 років.

Загальні тенденції маємо наступні

- Зміни в логістичних маршрутах: у 2022-2023 роках спостерігалось зменшення обсягу вантажів через традиційні маршрути, що проходять через Чорне море. Значна частина перевезень була перенаправлена через європейські порти, а вантажі доставлялися до України наземним транспортом [2].

- Попит на китайські товари залишається високим, і навіть в умовах збройного конфлікту Україна продовжує бути значним імпортером китайської продукції.

<i>КДМ</i>	<i>Арк.</i>									<i>№</i>
<i>Гомон</i>	<i>14</i>									<i>Підпи</i>
<i>Intern</i>	<i>Intern</i>	<i>Internal</i>	<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>						

Ці дані демонструють, як зовнішні фактори, такі як пандемія та військові дії, вплинули на обсяги контейнерних перевезень, що надходять з Китаю до Одеси, і показують, що, попри складні умови, Україна зберігає важливе торговельне сполучення з Китаєм [2].

Тим паче через жахливу трагедію у жовтні 2024 року, де порт Одеси знову став мішенню ракетного удару з боку російських військ. 7 жовтня одна з ракет влучила у цивільне судно під прапором Палау під назвою «ОРТИМА» [8]. За даними Одеської обласної військової адміністрації, внаслідок цього удару загинув український громадянин, а ще п'ятеро іноземних членів екіпажу отримали поранення. Це був другий випадок атаки на цивільне судно в портах Одеси протягом кількох днів [9].

Можна зробити висновок, що метою таких атак є дестабілізація українського морського шляху та зупинка експорту продовольства. Це може вплинути на продовольчу безпеку в країнах, що залежать від поставок українського зерна, і призвести до дестабілізації регіонів, які залежать від таких імпортних поставок

Розглянемо статистичні дані щодо перевезень вантажів з Китаю до України у 2024 році.

За даними Державної служби статистики України за перші 6 місяці 2024 року товарообіг склав \$8 млрд та зріс на 25,64%. При цьому експорт зменшився на 3,9% та склав \$1,6 млрд, а імпорт зріс на 36,2% та склав \$6,4 млрд. Негативне сальдо для України становило \$4,83 млрд [2].

<i>КДМ</i>	<i>Арк.</i>				<i>Дата</i>	<i>№</i>
<i>ГОМОН</i>	<i>15</i>					<i>Підпи</i>
Intern	Intern	Internal	<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>		

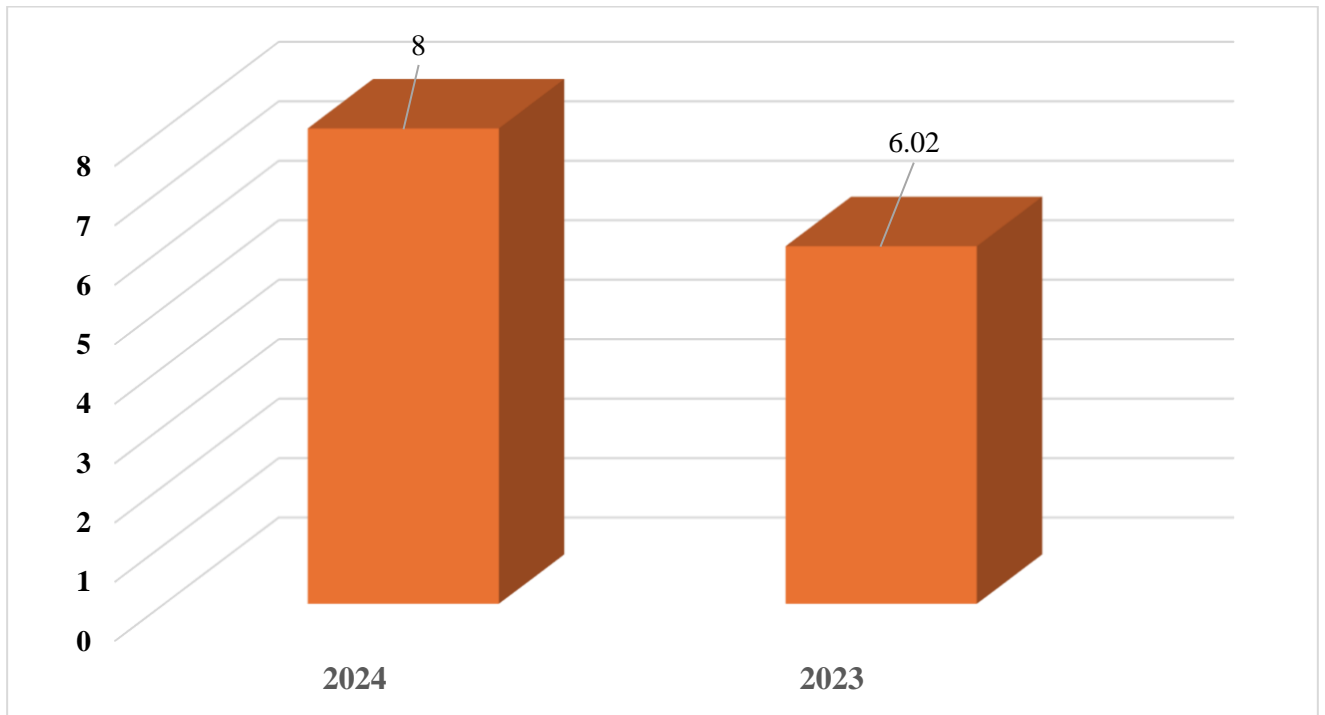


Рисунок 1.4 – Товарообіг за перші 6 місяців 2023 та 2024 років, млрд

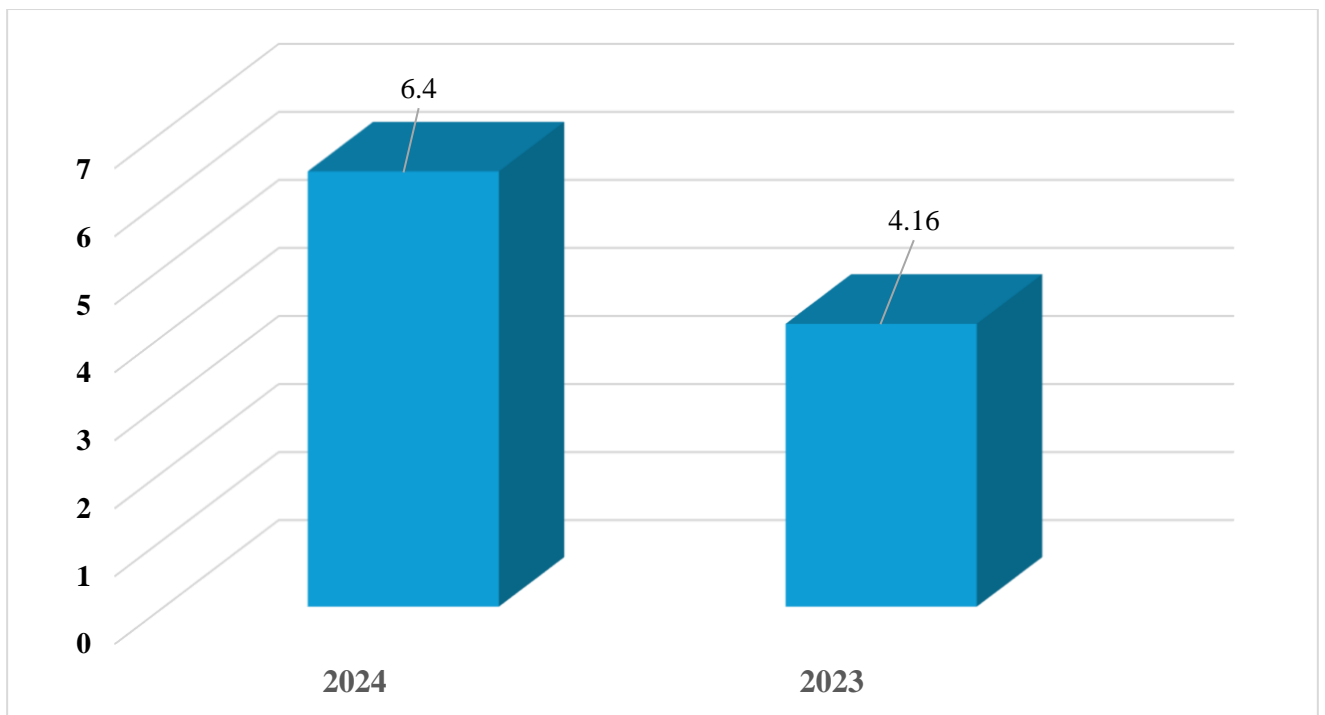


Рисунок 1.5 – Експорт за перші 6 місяців 2023 та 2024 років, млрд

КДМ		Арк.			Дата	№
ГОМОН		16				Підпи
Intern	Intern	Internal	Змн.	Арк.		-

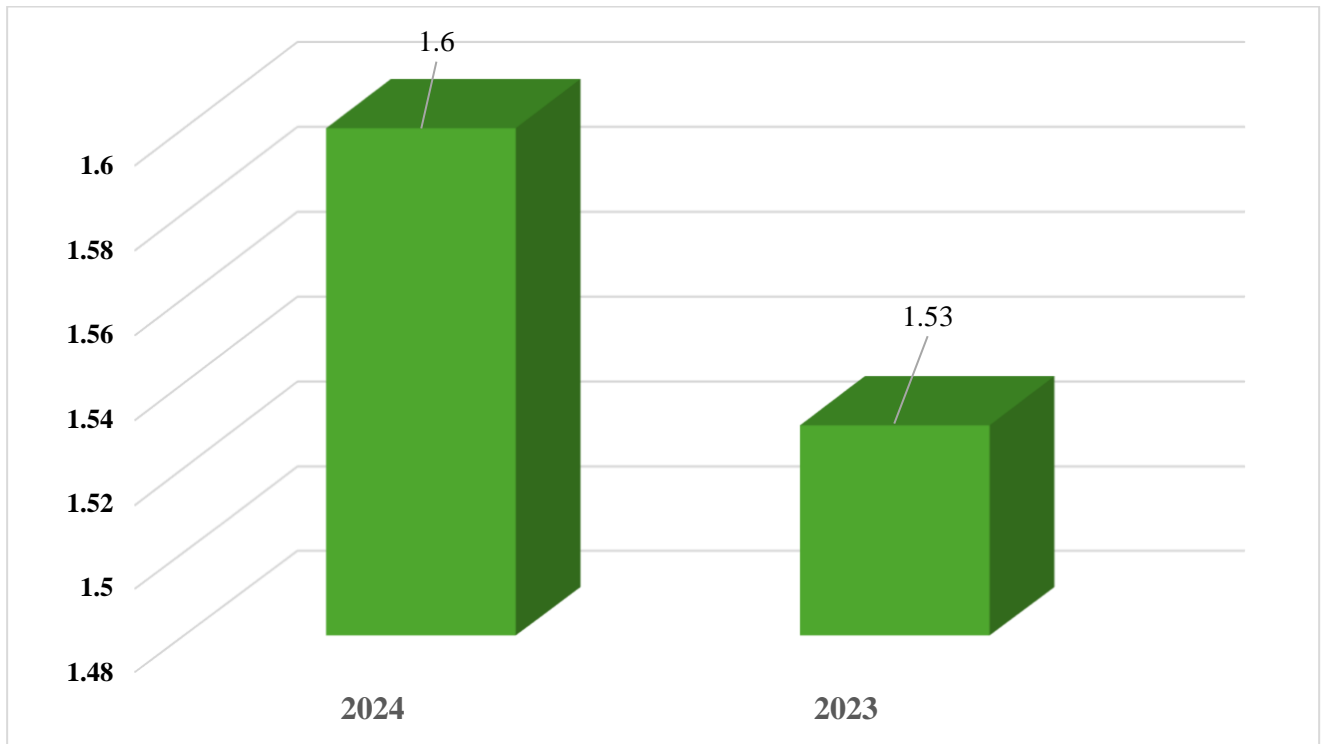


Рисунок 1.6 – Імпорт за перші 6 місяців 2023 та 2024 років, млрд

У 2023 році товарообіг становив \$12,8 млрд (+15,3%). Експорт товарів з України до Китаю становив \$2,4 млрд (-2,5%). Імпорт китайських товарів в Україну становив \$10,4 млрд (+20,4%). Сальдо для України було негативним та становило \$8,4 млрд [10].

Згідно даних у січні 2024 року було завезено 5372423,98 кг (брутто), це склало 2731 вантажно-митних декларацій.

<i>КДМ</i>		<i>Арк.</i>			<i>Дата</i>	<i>№</i>
<i>ГОМОН</i>		<i>17</i>				<i>Підпи</i>
<i>Intern</i>	<i>Intern</i>	<i>Internal</i>	<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>		

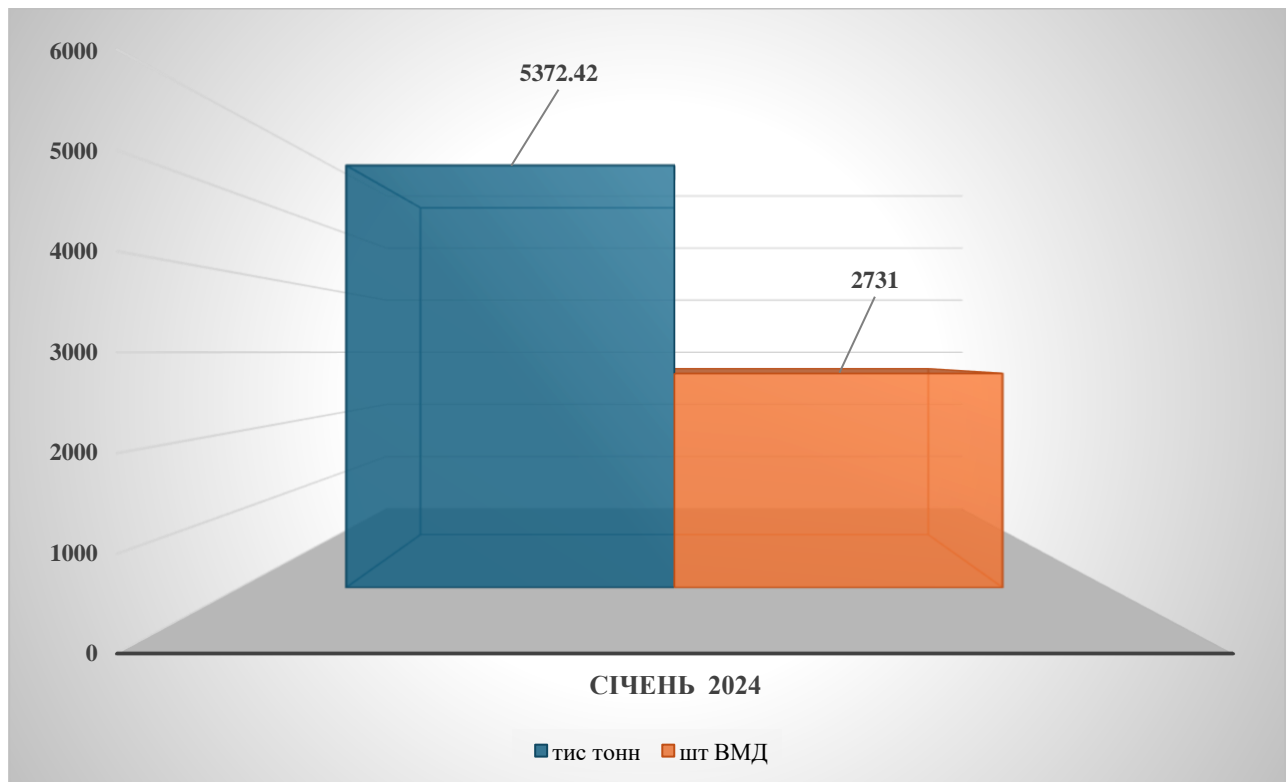


Рисунок 1.7 – Кількість завезених вантажів, перевезених у січні 2024 року

За оцінками експертів, у 2024 році відбулось подальше нарощування обсягів товарообігу між Україною і Китаєм завдяки збільшенню попиту на китайські товари та диверсифікації маршрутів постачання. Очікується розширення використання цифрових платформ для оптимізації та відстеження перевезень [10]. Крім того, нові проекти для розвитку інфраструктури перевезень, такі як транзитний коридор через Центральну Азію, мають потенціал знизити час доставки вантажів.

Отже, у 2021 році обсяг торгівлі товарами та послугами між Україною та Китаєм досяг 19,4 млрд доларів США, що на 23% більше порівняно з 2020 роком. У 2022 році, у зв'язку з повномасштабною війною росії проти України, обсяг двосторонньої торгівлі товарами зменшився на 41,6% у порівнянні з попереднім роком, склавши 11,3 млрд доларів США.

Експорт з України до Китаю скоротився майже на 70%, до 2,5 млрд доларів США, а негативне сальдо торговельного балансу України збільшилося до 6,3 млрд доларів США [11].

КДМ		Арк.			Дата	№
ГОМОН		18				Підпи
Intern	Intern	Internal	Змн.	Арк.		

У 2023 році торгівля між країнами частково відновилася: загальний обсяг товарообігу зріс на 15,4% порівняно з 2022 роком, досягнувши 12,9 млрд доларів США.

Однак експорт українських товарів до Китаю продовжував скорочуватися, зменшившись ще на 2,5%, до 2,4 млрд доларів США. Китай зберігає позицію найбільшого торговельного партнера України за обсягами товарообігу серед усіх країн світу [11].

Тобто можна сказати, що міжнародні перевезення між Китаєм і Україною за 2021-2024 роки демонструють важливість стабільної та гнучкої логістичної системи. Основні перешкоди, такі як пандемія COVID-19 і війна, поставили перед логістичною галуззю нові виклики, що вимагали адаптації маршрутів і застосування нових технологій. Незважаючи на труднощі, економічні зв'язки між Україною та Китаєм мають потенціал для подальшого розвитку завдяки гнучкості транспортної інфраструктури та інноваційним рішенням у сфері логістики.

1.2 Аналіз наукових праць, присвячених удосконаленню транспортно-логістичних систем вантажних перевезень

Напрямок Китай-Україна є важливим сегментом міжнародної торгівлі, враховуючи стратегічне розташування України, яке поєднує Азію з європейським ринком. Зростання обсягів вантажних перевезень між цими країнами супроводжується викликами, пов'язаними з інфраструктурними, організаційними та екологічними факторами. Численні наукові праці, конференції та дослідження зосереджені на вирішенні цих проблем, пропонуючи практичні рішення для вдосконалення транспортно-логістичних систем.

Основні напрями досліджень

1. Розвиток транспортних коридорів

Значна увага приділяється ефективності Транс'євразійського транспортного коридору, який з'єднує Китай з Україною через країни Центральної Азії та Кавказ. Зокрема, акцентується на залізничних контейнерних

КДМ	Арк.								№
Гомон	19								Підпи
Intern	Intern	Internal	Змн.	Арк.					

перевезеннях, що дозволяють суттєво зменшити час доставки. Дослідження висвітлюють оптимізацію маршруту через інтеграцію транспортних систем, зокрема роботи:

- Коваленко О.М. – «Роль Транс'євразійського транспортного коридору у розвитку логістики між Китаєм та ЄС» [12].
- Петров С.В. – «Логістичні вузли в системі Китай-Україна-ЄС: перспективи розвитку» [13].

2. Мультимодальні перевезення. Комбіноване використання залізничного, морського та автомобільного транспорту є центральним об'єктом наукового аналізу. У роботах розглядаються шляхи підвищення ефективності мультимодальної логістики:

У роботах Гуренка А.В. та Латкіної С.А. аналізуються проблеми морегосподарського комплексу України, акцентуючи увагу на недостатній ефективності портової інфраструктури та необхідності її модернізації для інтеграції у міжнародні транспортні коридори, зокрема «Шовковий шлях»[14].

Дослідження Будорацької Т.Л. та Трофименко І.Б. присвячені бізнес-моделям морських перевезень, включаючи питання оптимізації логістики, підвищення ефективності портів та зменшення витрат у міжнародних перевезеннях [14].

У рамках глобальних тенденцій розвитку морського транспорту акцент робиться на використанні мультимодальних схем доставки, впровадженні цифрових технологій та покращенні митно-логістичних послуг, що можуть бути застосовані у транспортних коридорах між Китаєм та Україною [14]

3. Цифровізація логістики. Використання цифрових платформ, автоматизованих систем управління ланцюгами постачання, Big Data та штучного інтелекту розглядаються як ключові фактори підвищення ефективності перевезень. Увага приділяється спрощенню комунікації між учасниками ланцюгів постачання:

- Іваненко Т.С. – «Цифрові технології в управлінні логістикою: досвід співпраці між Китаєм та Україною [15].

<i>КДМ</i>		<i>Арк.</i>			<i>Дата</i>	<i>№</i>
<i>Гомон</i>		<i>20</i>				<i>Підпи</i>
<i>Intern</i>	<i>Intern</i>	<i>Internal</i>	<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>		

○ Wang Li (КНР) – «Роль автоматизації у зменшенні ризиків транспортних перевезень» [15].

4. Митне оформлення та бар'єри торгівлі. Дослідження зосереджуються на оптимізації митних процедур, зокрема впровадженні єдиної цифрової платформи для обміну даними між митними органами Китаю, України та транзитних країн.

○ Chen Yu (КНР) – «Вплив спрощення митних процедур на швидкість доставки вантажів» [15].

5. Екологічна стійкість перевезень. Зростає інтерес до мінімізації впливу перевезень на довкілля. Науковці досліджують використання альтернативного палива, впровадження «зелених коридорів» і оптимізацію маршрутів:

○ Park Ji-Hoon (Республіка Корея) – «Застосування відновлюваних джерел енергії в логістиці» [15].

Ключові наукові заходи та праці

1. Міжнародна конференція «Один пояс, один шлях: транспортні рішення».

○ Основна тематика: оптимізація перевезень між Азією та Європою.

2. Журнал «Транспорт і логістика» (2022–2024 роки).

○ Публікації щодо інтеграції транспортних систем і вдосконалення інфраструктури.

3. Міжнародний форум «Логістика та інновації» (Київ, 2023).

○ Розглядаються питання цифровізації та екологічної стійкості перевезень [16].

Наукові праці та конференції, присвячені транспортно-логістичним системам на маршруті Китай-Україна, підкреслюють важливість удосконалення інфраструктури, цифровізації та гармонізації митних процедур. Значний акцент робиться на мультимодальних перевезеннях, екологічній стійкості та інтеграції інноваційних рішень у логістику. Усі ці аспекти формують базу для подальшого

КРМ	Арк.				Дата	№
Гомон	21					Підпи
Intern	Intern	Internal	Змн.	Арк.		

розвитку транспортного коридору, що має стратегічне значення для міжнародної торгівлі.

Отже, даний розділ присвячений аналізу статистичних даних щодо перевезень вантажів з Китаю до України за останні роки та огляду наукових робіт присвячених темі дослідження.

<i>КДМ</i>		<i>Арк.</i>			<i>Дата</i>	<i>№</i>
<i>ГОМОН</i>		<i>22</i>				<i>Підпи</i>
<i>Intern</i>	<i>Intern</i>	<i>Internal</i>	<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>		

2 ПОБУДОВА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ЗАДАЧІ

2.1 Постановка завдання

У даній кваліфікаційній роботі магістра розглядається завдання з організації перевезення збірного вантажу 27500 кг брутто з 5 точок Китаю та порту Шанхай до м. Рівне (Україна), а також оцінці ефективності різних видів доставки.

Для цього необхідно вирішити наступні завдання:

- проаналізувати сучасний стан вантажних перевезень товару у міжнародному сполученні;
- описати специфіку мультимодальних перевезень в Україні;
- зазначити транспортно-вагові характеристики контейнера для перевезення;
- розрахувати оптимальний маршрут перевезення збірного вантажу з 5 точок Китаю до порту Шанхай за допомогою задачі Комівояжера;
- описати порт відправки та порт-отримувач;
- розробити маршрут перевезень морським видом транспорту;
- розробити сітьову модель перевезень та скласти технологічну схему доставки вантажу з використанням декількох видів транспорту;
- розробити 4 варіанти доставки вантажу до м.Рівне;
- оцінити ефективність різних маршрутів за допомогою різних критеріїв;
- проаналізувати отримані результати.

2.2 Загальна схема розв'язування

У даній кваліфікаційній роботі магістра буде розглянуто питання організації доставки збірного вантажу з 5 міст Китаю до регіонального складу, що знаходиться в м. Рівне.

Для початку опишемо транспортно-вагові характеристики 40-футового контейнера, в якому буде проводитись перевезення вантажів.

<i>КДМ</i>	<i>Арк.</i>								<i>№</i>
Гомон	22								Підпи
Intern	Intern	Internal	Змн.	Арк.					

40-футовий контейнер (стандартний або High Cube) є найпоширенішим типом контейнерів для перевезення вантажів. Він використовується у морських, залізничних та автомобільних перевезеннях завдяки універсальності і великій місткості.

Основні характеристики:

1. Зовнішні розміри:
 - Довжина: 12,192 м (40 футів).
 - Ширина: 2,438 м (8 футів).
 - Висота: 2,591 м (8 футів 6 дюймів) для стандартного або 2,896 м (9 футів 6 дюймів) для High Cube.
2. Внутрішні розміри:
 - Довжина: 12,032 м.
 - Ширина: 2,352 м.
 - Висота: 2,393 м для стандартного або 2,698 м для High Cube.
3. Вага:
 - Власна маса (тара): 3,750–4,200 кг.
 - Максимальна маса брутто: 30,480 кг.
 - Корисне навантаження (нетто): 26,280–26,730 кг.
4. Об'єм:
 - Внутрішній об'єм: 67,7 м³ для стандартного або 76,3 м³ для High Cube.

Особливості:

- Використовується для транспортування широкого спектра вантажів, включаючи генеральні, сипучі, наливні та палетовані товари.
- Може бути оснащений вентиляційними отворами для перевезення чутливих до вологості вантажів.
- Сумісний із системами мультимодальних перевезень.

<i>КДМ</i>		<i>Арк.</i>		<i>Дата</i>		<i>№</i>
<i>Гомон</i>		<i>24</i>				<i>Підпи</i>
<i>Intern</i>	<i>Intern</i>	<i>Internal</i>	<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>		

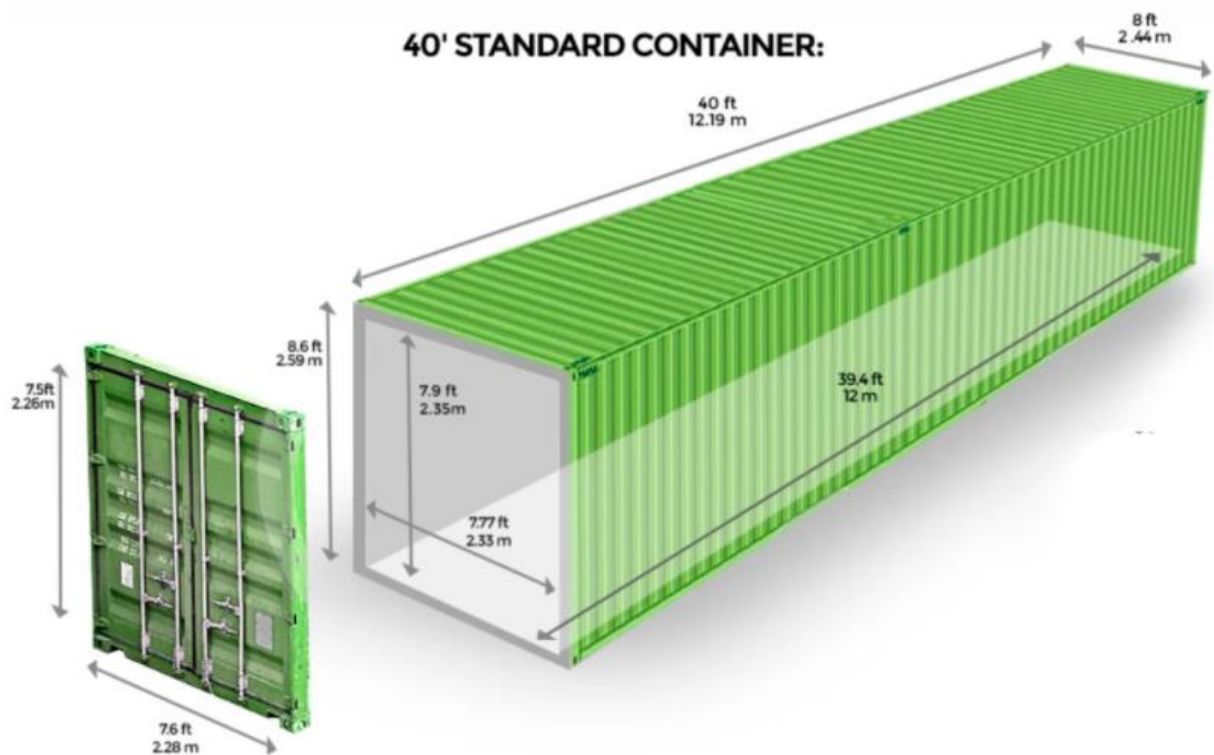


Рисунок 2.1 – Схематичне зображення 40-футового контейнера [18]

Для цього необхідно буде скласти загальну таблицю та карту розташування міст, щоб найбільш оптимально розробити маршрут.

Таблиця 2.1 – Адреси постачальників та габарити вантажу

№ постачальника	Адреса завантаження	Габарити вантажу
1	2	3
1	Changshu City, Jiangsu Province	14 коробів, 11.433 cbm, 8621 кг
2	Xinchang, 312500 Zhejiang province	1 короб, 0,4 cbm, 447 кг
3	Xingtai, Hebei province	129 коробів, 6,875 cbm, 1682,82 кг
4	Yancheng City, Jiangsu Province	<ul style="list-style-type: none"> • 11 палет, 8.24cbm, 10500kg • 9 палет (1.15*0.71*0.84m кожна) • 2 палети (1.1*1*0.94m кожна)

КДМ		Арк.			Дата	№
Гомон		25				Підпи
Intern	Intern	Internal	Змн.	Арк.		

1	2	3
5	Xinjie Town, Xiaoshan District, Hangzhou, Zhejiang	<ul style="list-style-type: none"> • 12 палет, 14.99cbm, 9358 кг • 10 палет (1,14*1,14*1m кожна) • 1 палета(1,14*1,14*1,2m) • 1 палета (1,08*0.8*0.5m)

Для того, щоб розробити збірний маршрут складемо таблицю 2.2, де напишемо найкоротші відстані між містами-постачальниками та портом завантаження Шанхай.

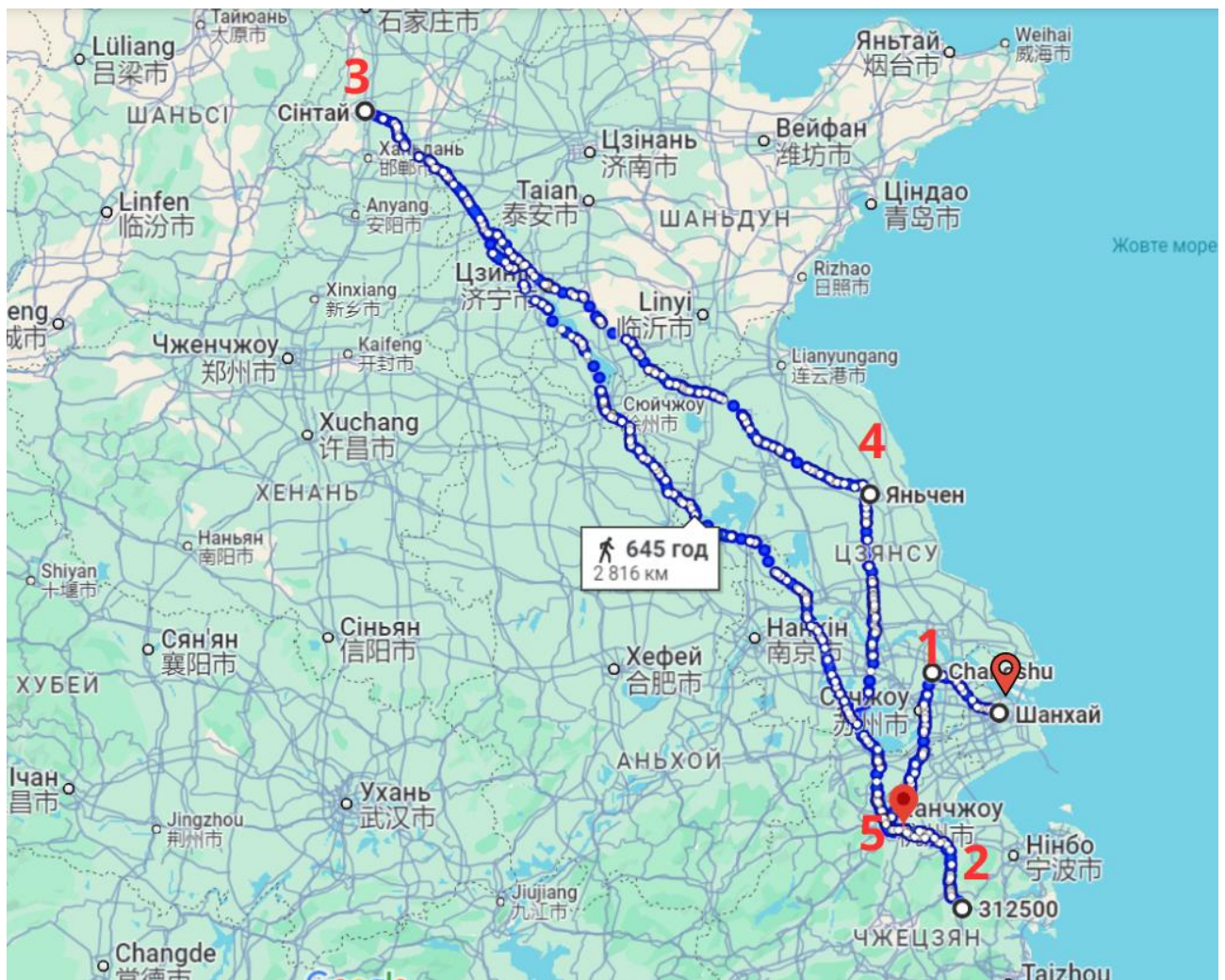


Рисунок 2.2 – Карта розташування міст завантаження та порту відправлення Шанхай [17]

КРМ		Арк.			Дата	№
Гомон		26				Підпи
Intern	Intern	Internal	Змн.	Арк.		

Таблиця 2.2 – Найкоротші відстані між містами постачальниками та та портом завантаження Шанхай

	Чаншу	Чжецзян	Сінтай	Яньчен	Ханчжоу	Шанхай
Чаншу	х	264	1000	249	198	103
Чжецзян	264	х	1237	472	144	242
Сінтай	1000	1237	х	815	1097	1088
Яньчен	249	472	815	х	412	306
Ханчжоу	198	144	1097	412	х	176
Шанхай	103	242	1088	306	176	х

Візьмемо як довільний маршрут:

$$X_0 = (1,2); (2,3); (3,4); (4,5); (5,6); (6,1)$$

$$\text{Тоді } F(X_0) = 264 + 1237 + 825 + 412 + 176 + 103 = 3017$$

Для визначення нижньої межі множини скористаємося операцією редукції або приведення матриці по рядках, для чого необхідно в кожному рядку матриці D знайти мінімальний елемент.

$$d_i = \min(j) d_{ij}$$

Таблиця 2.3 – Операція редукції

i j	1	2	3	4	5	6	d_i
1	M	264	1000	249	198	103	103
2	264	M	1237	472		242	144
3	1000	1237	M	825	1097	1088	825
4	249	472	825	M	412	306	249
5	198	144	1097	412	M	176	144
6	103	242	1088	306	176	M	103

Потім віднімаємо d_i з елементів рядка, що розглядається. У зв'язку з цим у новоствореній матриці в кожному рядку буде як мінімум один нуль.

Таблиця 2.4 – Віднімання d_i з елементів рядка, що розглядається

i j	1	2	3	4	5	6
1	M	161	897	146	95	0
2	120	M	1093	328	0	98
3	175	412	M	0	272	263
4	0	223	576	M	163	57
5	54	0	953	268	M	32
6	0	139	985	203	73	M

Таку ж операцію редукції проводимо по стовпцям, для чого в кожному стовпці знаходимо мінімальний елемент: $d_j = \min(i) d_{ij}$

Таблиця 2.5 – Операція редукції

i j	1	2	3	4	5	6
1	M	161	897	146	95	0
2	120	M	1093	328	0	98
3	175	412	M	0	272	263
4	0	223	576	M	163	57
5	54	0	953	268	M	32
6	0	139	985	203	73	M
d_j	0	0	576	0	0	0

Після віднімання мінімальних елементів отримуємо повністю редуковану матрицю, де величини d_i і d_j називають константами приведення.

Таблиця 2.6 – Редукована матриця

$i \ j$	1	2	3	4	5	6
1	M	161	321	146	95	0
2	120	M	517	328	0	98
3	175	412	M	0	272	263
4	0	223	0	M	163	57
5	54	0	377	268	M	32
6	0	139	409	203	73	M

Сума констант приведення визначає нижню межу H :

$$H = \sum d_i + \sum d_j$$

$$H = 103 + 144 + 825 + 249 + 144 + 103 + 0 + 0 + 576 + 0 + 0 + 0 = 2144$$

Елементи матриці d_{ij} відповідають відстані від пункту i до j .

Оскільки в матриці n міст, D є матрицею $n \times n$ з невід'ємними елементами $d_{ij} \geq 0$

Кожен допустимий маршрут є циклом, яким комівояжер відвідує місто лише один раз і повертається у вихідне місто.

Довжина маршруту визначається виразом: $F(M_k) = \sum d_{ij}$

Причому кожен рядок та стовпець входять у маршрут лише один раз із елементом d_{ij} .

Крок №1. Визначаємо ребро розгалуження і розіб'ємо всі множини маршрутів щодо цього ребра на два підмножини (i, j) і (i^*, j^*) .

КДМ		Арк.			Дата	№
ГОМОН		29				Підпи
Intern	Intern	Internal	Змн.	Арк.		

З цією метою для всіх клітин матриці з нульовими елементами замінюємо по черзі нулі на М(нескінченність) і визначаємо для них суму констант приведення, що утворилися, вони наведені в дужках.

Таблиця 2.7 – Заміна елементів матриці

i j	1	2	3	4	5	6	d_i
1	M	161	321	146	95	0(127)	95
2	120	M	517	328	0(171)	98	98
3	175	412	M	0(321)	272	263	175
4	0(0)	223	0(321)	M	163	57	0
5	54	0(171)	377	268	M	32	32
6	0(73)	139	409	203	73	M	73
d_j	0	139	321	146	73	32	0

$d(1,6) = 95 + 32 = 127$; $d(2,5) = 98 + 73 = 171$; $d(3,4) = 175 + 146 = 321$;
 $d(4,1) = 0 + 0 = 0$; $d(4,3) = 0 + 321 = 321$; $d(5,2) = 32 + 139 = 171$; $d(6,1) = 73 + 0 = 73$;

Найбільша сума констант приведення дорівнює $(175 + 146) = 321$ для ребра (3,4), отже, безліч розбивається на два підмножини (3,4) та (3*,4*).

Виняток ребра (3,4) проводимо шляхом заміни елемента $d_{34} = 0$ на М, після чого здійснюємо чергове приведення матриці відстаней для підмножини (3*,4*), що утворилося, в результаті отримуємо редуковану матрицю.

КРДМ		Арк.			Дата	№
Гомон		30				Підпи
Intern	Intern	Internal	Змн.	Арк.		

Таблиця 2.8 – Заміна елемента d_{34}

$i j$	1	2	3	4	5	6	d_i
1	M	161	321	146	95	0	0
2	120	M	517	328	0	98	0
3	175	412	M	M	272	263	175
4	0	223	0	M	163	57	0
5	54	0	377	268	M	32	0
6	0	139	409	203	73	M	0
d_j	0	0	0	146	0	0	321

Нижня межа гамільтонових циклів цієї підмножини:

$$H(3^*, 4^*) = 2144 + 321 = 2465$$

Включення ребра (3,4) проводиться шляхом виключення всіх елементів 3-го рядка і 4-го стовпця, в якому елемент d_{43} замінюємо на M, для виключення утворення циклу негамільтона.

В результаті отримаємо іншу скорочену матрицю (5 x 5), яка підлягає операції приведення.

Після операції приведення скорочена матриця матиме вигляд:

КДМ		Арк.			Дата	№
ГОМОН		31				Підпи
Intern	Intern	Internal	Змн.	Арк.		

Таблиця 2.9 – Скорочена матриця

i j	1	2	3	5	6	d _i
1	M	161	321	95	0	0
2	120	M	517	0	98	0
4	0	223	M	163	57	0
5	54	0	377	M	32	0
6	0	139	409	73	M	0
d _j	0	0	321	0	0	321

Сума констант приведення скороченої матриці: $\sum d_i + \sum d_j = 321$

Нижня межа підмножини (3,4) дорівнює: $H(3,4) = 2144 + 321 = 2465 \leq 2465$

Оскільки нижні межі підмножини (3,4) і підмножини (3 *, 4 *) рівні, то ребро (3,4) включаємо в маршрут з новим кордоном $H = 2465$.

Крок №2. Визначаємо ребро розгалуження.

Таблиця 2.10 – Визначення ребра розгалуження

i j	1	2	3	5	6	d _i
1	M	161	0(56)	95	0(32)	0
2	120	M	196	0(171)	98	98
4	0(57)	223	M	163	57	57
5	54	0(171)	56	M	32	32
6	0(73)	139	88	73	M	73
d _j	0	139	56	73	32	0

$d(1,3) = 0 + 56 = 56$; $d(1,6) = 0 + 32 = 32$; $d(2,5) = 98 + 73 = 171$; $d(4,1) = 57 + 0 = 57$; $d(5,2) = 32 + 139 = 171$; $d(6,1) = 73 + 0 = 73$;

max: $d(2,5)=171$.

Виняток ребра (2,5): $d_{25}=M$.

Таблиця 2.11 – Виняток ребра (2,5)

i j	1	2	3	5	6	d_i
1	M	161	0	95	0	0
2	120	M	196	M	98	98
4	0	223	M	163	57	0
5	54	0	56	M	32	0
6	0	139	88	73	M	0
d_j	0	0	0	73	0	171

$H(2^*,5^*) = 2465 + 171 = 2636$

Включення ребра (2,5): $d_{52}=M$.

Таблиця 2.12 – Включення ребра (2,5)

i j	1	2	3	6	d_i
1	M	161	0	0	0
4	0	223	M	57	0
5	54	M	56	32	32
6	0	139	88	M	0
d_j	0	139	0	0	171

КДМ		Арк.			Дата	№
Гомон		33				Підпи
Intern	Intern	Internal	Змн.	Арк.		

$$\sum d_i + \sum d_j = 171$$

$$H(2,5) = 2465 + 171 = 2636 \leq 2636$$

Ребро (2,5) включаємо маршрут з новим кордоном $H=2636$.

Крок №3. Визначаємо ребро розгалуження.

Таблиця 2.13 – Визначення ребра розгалуження

i j	1	2	3	6	d_i
1	M	22	0(24)	0(0)	0
4	0(57)	84	M	57	57
5	22	M	24	0(22)	22
6	0(0)	0(22)	88	M	0
d_j	0	22	24	0	0

$$d(1,3) = 0 + 24 = 24; d(1,6) = 0 + 0 = 0; d(4,1) = 57 + 0 = 57; d(5,6) = 22 + 0 = 22; d(6,1) = 0 + 0 = 0; d(6,2) = 0 + 22 = 22;$$

$$\max: d(4,1)=57.$$

Включення ребра (4,1): $d_{41}=M$.

Таблиця 2.14 – Включення ребра (4,1)

i j	1	2	3	6	d_i
1	M	22	0	0	0
4	M	84	M	57	57
5	22	M	24	0	0
6	0	0	88	M	0
d_j	0	0	0	0	57

$$H(4^*, 1^*) = 2636 + 57 = 2693$$

Включення ребра (4,1): $d_{14}=M$.

Таблиця 2.15 – Включення ребра (4,1)

i j	2	3	6	d_i
1	22	0	0	0
5	M	24	0	0
6	0	88	M	0
d_j	0	0	0	0

$$\sum d_i + \sum d_j = 0$$

$$H(4,1) = 2636 + 0 = 2636 \leq 2693$$

Забороняємо переходи: (1,3),

Ребро (4,1) включаємо маршрут з новим кордоном $H=2636$.

Крок №4. Визначаємо ребро розгалуження.

Таблиця 2.16 – Визначення ребра розгалуження

i j	2	3	6	d_i
1	22	M	0(22)	22
5	M	24	0(24)	24
6	0(110)	88	M	88
d_j	22	0	0	0

$d(1,6) = 22 + 0 = 22$; $d(5,6) = 24 + 0 = 24$; $d(6,2) = 88 + 22 = 110$;
 max: $d(6,2)=110$.

Виключення ребра (6,2): $d_{62}=M$.

Таблиця 2.17 – Виключення ребра (6,2)

i j	2	3	6	d_i
1	22	M	0	0
5	M	24	0	0
6	M	88	M	88
d_j	22	24	0	134

$$H(6^*, 2^*) = 2636 + 134 = 2770$$

Включення ребра (6,2): $d_{26}=M$.

Таблиця 2.18 – Включення ребра (6,2)

i j	3	6	d_i
1	M	0	0
5	24	0	0
d_j	24	0	24

$$\sum d_i + \sum d_j = 24$$

$$H(6,2) = 2636 + 24 = 2660 \leq 2770$$

Ребро (6,2) включаємо маршрут з новим кордоном $H=2660$.

Відповідно до цієї матриці включаємо в гамільтонів маршрут ребра (1,6) та (5,3).

У результаті по дереву гілкувань гамільтонів цикл утворюють ребра: (1,6), (6,2), (2,5), (5,3), (3,4), (4,1),

Довжина маршруту дорівнює $F(M_k) = 2660$ км.

Тоді отриманий збірний маршрут зобразимо на карті на рисунку 2.3.

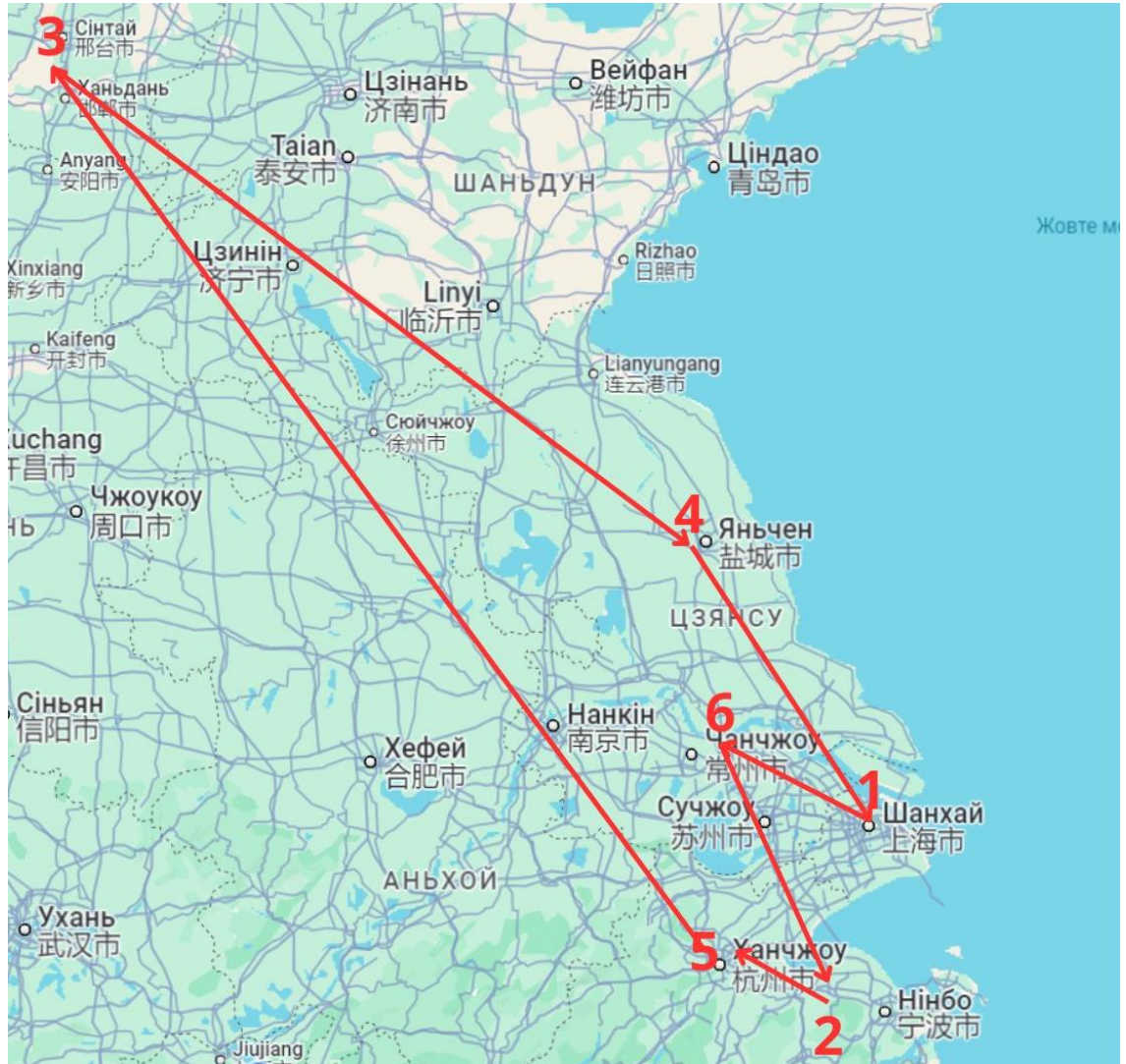


Рисунок 2.3 – Отриманий маршрут перевезення [18]

Отже, у даному розділі розраховано оптимальний маршрут перевезення за допомогою методу Комівояжера.

КРМ		Арк.			Дата	№
Гомон		37				Підпи
Intern	Intern	Internal	Змн.	Арк.		

3 РОЗРОБКА МАРШРУТУ ДОСТАВКИ ВАНТАЖУ В ЗМІШАНОМУ СПОЛУЧЕННІ НА ОСНОВІ СІТЬОВОГО ГРАФІКА

3.1 Математична модель. Розробка сітьової моделі

Для планування змішаних перевезень вантажів доцільно застосовувати сітьові моделі, які є важливим класом оптимізаційних задач, тісно пов'язаних із календарним плануванням. Суть задач сітьового планування полягає у створенні раціонального плану виконання складного комплексу робіт, що включає взаємозалежні елементарні операції. Взаємна залежність визначається тим, що виконання деяких операцій є можливим лише після завершення певних опорних робіт.

Основою для сітьового планування є структурна таблиця, яка включає:

- перелік елементарних робіт комплексу;
- залежності між елементарними роботами (які роботи є опорними);
- час, необхідний для виконання кожної роботи.

Метод сітьового планування дозволяє на основі вихідних даних визначати терміни початку кожної роботи, обчислювати загальний час виконання комплексу робіт, ідентифікувати критичні роботи, затримка яких змінює загальну тривалість виконання, а також некритичні роботи, затримка яких незначно впливає на загальний час виконання.

Сітьовий графік відображає логічну та часову структуру робіт, що дозволяє ефективно планувати і контролювати виконання проєкту.

У контексті змішаних перевезень транспортний процес складається із послідовної доставки вантажів різними видами транспорту та проміжного перевантаження (рис. 3.1). Планування таких перевезень можна представити як сукупність елементарних робіт, які виконуються послідовно.

При цьому ці сукупності є взаємно альтернативними. Перетин схем доставки у певному пункті сітьового графіка означає просторову, а не часову залежність між елементами. Сітьовий підхід дозволяє забезпечити оптимальну

<i>КДМ</i>	<i>Арк.</i>								<i>№</i>
Гомон	38								Підпи
Intern	Intern	Internal	Змн.	Арк.					

послідовність виконання операцій, знижуючи затримки та підвищуючи ефективність змішаних перевезень вантажів.

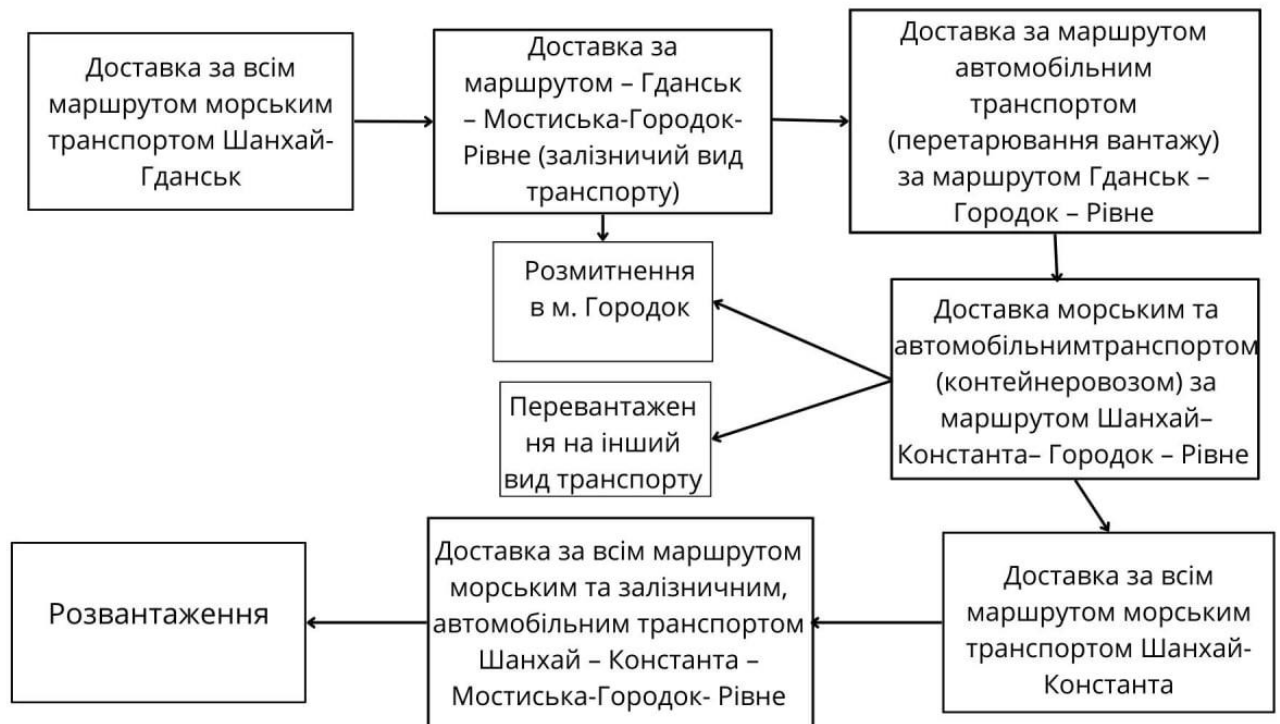


Рисунок 3.1 – Технологічна схема доставки вантажу з використанням декількох видів транспорту

Сітьовий графік, що описує процес доставки вантажів у змішаному сполученні, має такі особливості:

- Привласнення значень дугам. Кожна дуга отримує лише одне значення, яке характеризує втрати у часовому та/або вартісному вимірі.
- Характеристики проміжних пунктів. Кожен вузол мережевого графіка (проміжний пункт) має одне або кілька значень, що визначаються як сума довжин дуг. Кількість значень залежить від кількості альтернативних маршрутів доставки до відповідного пункту.
- Відсутність розрахунків термінів виконання. Для такого графіка немає потреби у визначенні ранніх і пізніх термінів виконання кожної операції.

КДМ		Арк.			Дата	№
Гомон		39				Підпи
Intern	Intern	Internal	Змн.	Арк.		

- Критерії вибору варіанту. Оптимальний варіант доставки обирається шляхом порівняння отриманих характеристик маршруту з заданими умовами (наприклад, мінімальним часом або витратами).

Ці особливості дозволяють спростити побудову сітьового графіка для змішаних перевезень, забезпечуючи можливість адаптації до різних варіантів маршрутів і критеріїв оцінки.

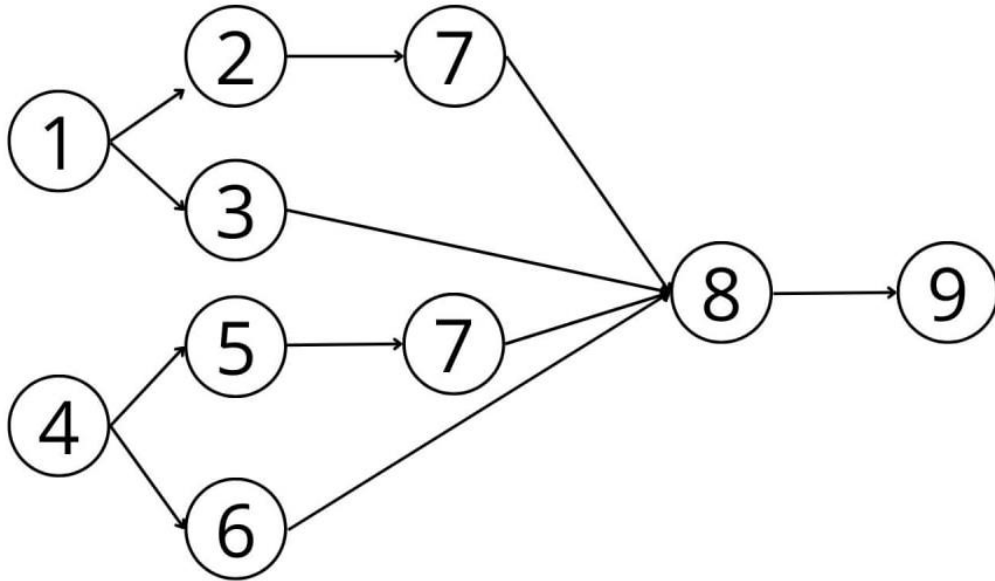


Рисунок 3.2 – Сітьовий графік схем доставки вантажів по маршруту

3.2 Оцінка ефективності різних маршрутів

Для того, щоб визначити найбільш оптимальний маршрут необхідно створити таблицю 3.1, де зазначимо вартість робіт та час.

Значення параметрів по кожному варіанту доставки приведені в табл. 3.2.

<i>КРМ</i>		<i>Арк.</i>			<i>Дата</i>	<i>№</i>
<i>ГОМОН</i>		<i>40</i>				<i>Підпи</i>
Intern	Intern	Internal	<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>		

Таблиця 3.1 – Роботи з доставки вантажів за напрямком Нінбо (Китай) – Тернопіль (Україна)

	Характеристика роботи	Вартість, USD	Час, дн
1	Доставка за всім маршрутом морським транспортом Шанхай-Гданськ	5500	50
2	Доставка за маршрутом – Гданськ – Мостиська- Городок- Рівне (залізничний вид транспорту)	2000	20
3	Доставка за маршрутом автомобільним транспортом (перетарювання вантажу) за маршрутом Гданськ – Городок – Рівне	5000	15
4	Доставка за всім маршрутом морським транспортом Шанхай-Константа	6500	60
5	Доставка морським та автомобільним транспортом (контейнеровозом) за маршрутом Шанхай– Константа– Городок – Рівне	3500	10
6	Доставка за всім маршрутом морським та залізничним, автомобільним транспортом Шанхай – Константа – Мостиська-Городок- Рівне	2000	20
7	Перевантаження на інший вид транспорту	200	1
8	Розмитнення в м. Городок	100	1
9	Розвантаження	-	1

КРМ		Арк.			Дата	№
ГОМОН		41				Підпи
Intern	Intern	Internal	Змн.	Арк.		

Таблиця 3.2 – Результати розрахунку параметрів для різних схем

доставки

Характеристика роботи	Вартість, \$.	Час, дн.
Доставка за всім маршрутом морським та залізничним, автомобільним транспортом Шанхай – Гданськ – Мостиська-Городок- Рівне	7800,00	73,00
Доставка морським та автомобільним транспортом (Автодоставка з перетаркою, повне та збірне авто) Нінбо – Гданськ – Городок – Тернопіль	10800,00	68,00
Доставка морським та автомобільним транспортом (контейнеровозом) за маршрутом Шанхай– Константа– Городок – Рівне	10300,00	83,00
Доставка за всім маршрутом морським та залізничним, автомобільним транспортом Шанхай – Константа – Мостиська-Городок- Рівне	8800,00	73,00

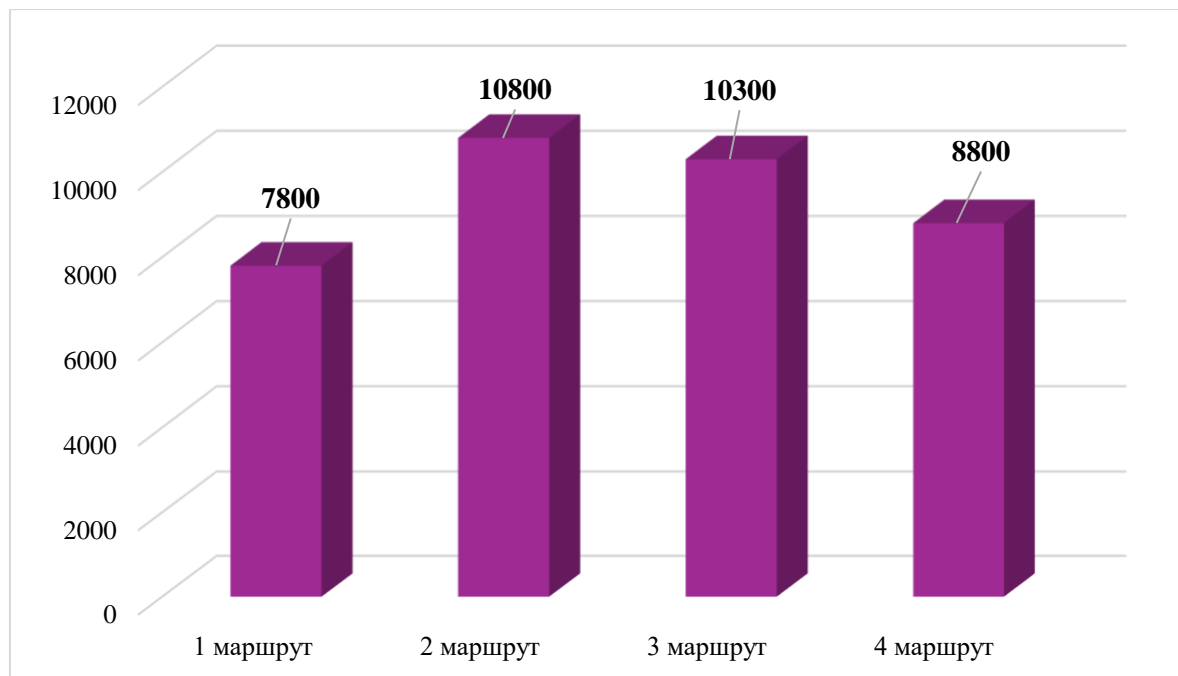


Рисунок 3.3 – Вартість варіантів маршрутів у доларах США

КРМ	Арк.				Дата	№
Гомон	12					Підпи
Intern	Intern	Internal	Змн.	Арк.		

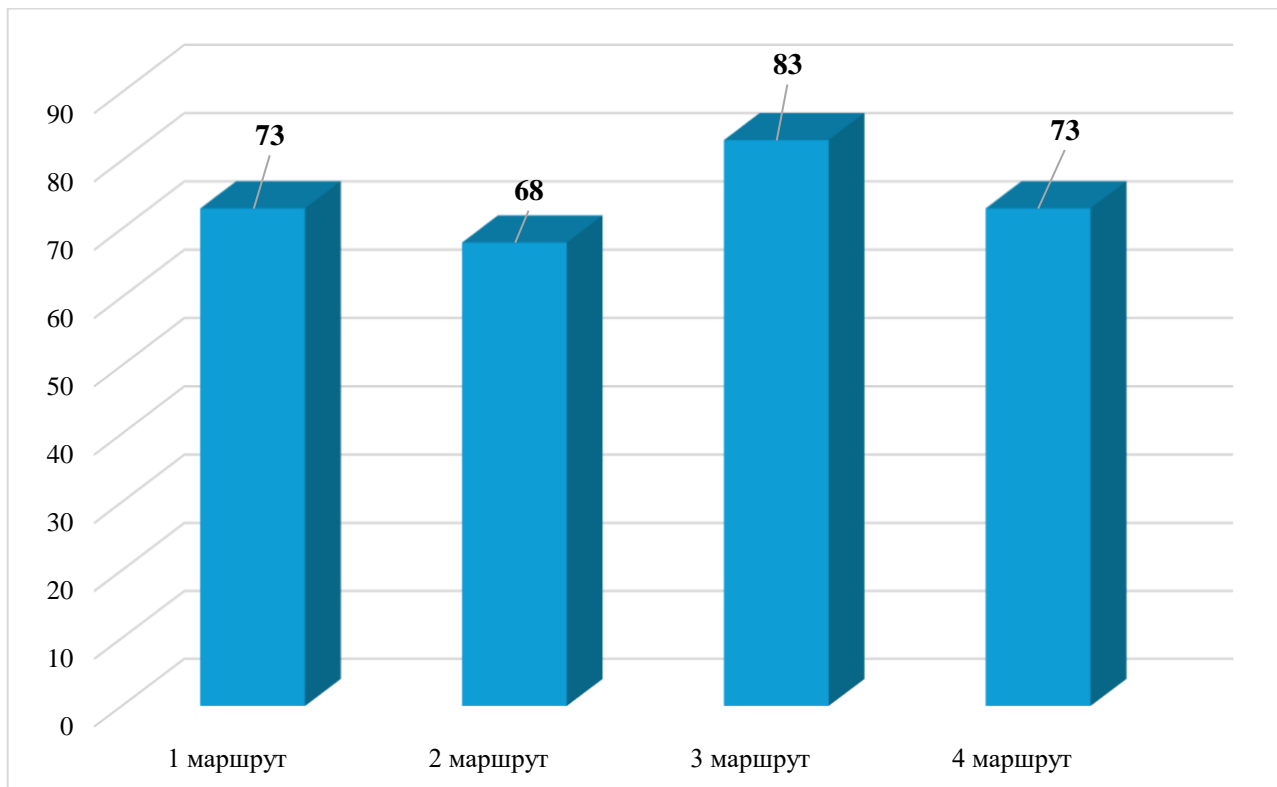


Рисунок 3.4 – Час доставки різних варіантів маршрутів у днях США

Аналіз результатів розрахунків демонструє, що для транспортування 40-футового контейнера оптимальний маршрут доставки залежить від обраного параметра оцінки:

- За параметром «час»: найкращим є використання автомобільного транспорту з проведенням митних операцій через митного брокера, що дозволяє мінімізувати тривалість доставки.
- За параметрами «вартість» і «приведена вартість»: перевагу слід віддати повітряному та морському транспорту з оформленням митних операцій через митного брокера, що забезпечує оптимальне співвідношення витрат.

Таким чином, вибір маршруту залежить від пріоритетності критерію, що має ключове значення у конкретному логістичному сценарії [19].

У разі, якщо всі критерії мають однакову вагу, застосуємо методи ухвалення рішень в умовах невизначеності для визначення оптимального варіанту.

КДМ		Арк.			Дата	№
Гомон		13				Підпи
Intern	Intern	Internal	Змн.	Арк.		

Для отримання порівняльних результатів параметри доставки (табл. 3.1) зводяться до відносного вигляду шляхом поділу кожного елемента стовпця на його мінімальне значення (табл. 3.2).

Далі для першого маршруту доставки обчислюємо середнє арифметичне значення втрат за наступною формулою:

$$M_j(R) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n V_{ji} \quad (3.1)$$

Аналогічним чином визначуванй M_i для решти всіх маршрутів. Мінімальне значення M_i відповідатиме шуканому варіанту доставки, тобто 1.

Розглянемо класичні критерії прийняття рішень.

Критерій Лапласа базується на принципі недостатньої підстави, сформульованому Даніелем Бернуллі. Згідно з цим принципом, якщо немає достатньої інформації про ймовірності можливих станів системи, то всі стани вважаються рівноймовірними.

У контексті ухвалення рішень критерій Лапласа передбачає обчислення середнього арифметичного очікуваних результатів для кожного варіанта вибору, виходячи з рівної ймовірності всіх можливих станів. Формула для оцінки ефективності альтернативи за цим критерієм має вигляд [19]:

$$L = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n R_i \quad (3.2)$$

де:

- L – оцінка за критерієм Лапласа,
- n – кількість можливих станів системи,
- R_i – результат для i -го стану.

За наявності інформації про ймовірність q_j появи стану T_j вираз (9.5) замінюється на максимальну величину математичних очікувань значень кожному з рядків [24]

КРМ		Арк.			Дата	№
Гомон		ДД				Підпи
Intern	Intern	Internal	Змн.	Арк.		

$$\max_i (\sum_{j=1}^n q_j d_{ij}) \quad (3.3)$$

Правило вибору рішення відповідно до критерію Байєса-Лапласа можна інтерпретувати таким чином: матриця рішень $\|d_{ij}\|$ доповнюється ще одним стовпцем, що містить математичне очікування значень кожному з рядків. Вибираються ті варіанти, в рядках яких знаходиться найбільше значення d_{ir} цього стовпця.

Передбачається, що ситуація ухвалення рішення має такі особливості:

1. Ймовірність настання стану F_j відома та залишається незмінною впродовж часу.
2. Рішення може бути реалізовано теоретично нескінченну кількість разів.
3. При невеликій кількості реалізацій допустимий певний рівень ризику.

Зі збільшенням кількості реалізацій середнє значення поступово стабілізується. У випадку нескінченної кількості реалізацій ризик фактично зводиться до нуля [19].

Критерій Байєса-Лапласа (В-Л-критерій) вважається більш оптимістичним у порівнянні з мінімаксом критерієм, але його застосування вимагає значної кількості інформації та тривалого періоду реалізації.

Критерій Вальда, відомий також як мінімаксний критерій, ґрунтується на принципі максимальної обережності. Якщо результат V_{ji} виражається у вигляді втрат, для вибору найкращої стратегії застосовується мінімаксний підхід. У межах цього критерію на першому етапі визначається найбільший елемент у кожному рядку матриці рішень [19].

Мінімаксний критерій (ММ-критерій) заснований на обережній поведінці і зводиться до вибору найкращої альтернативи з найгірших. Якщо величина d_{ij} представляє отримуваний прибуток, то відповідно до максимінного критерію як оптимальне вибирається рішення, що забезпечує [24]

$$\max_i (\min_j d_{ij}) \quad (3.4)$$

КРМ		Арк.			Дата	№
Гомон		45				Підпи
Intern	Intern	Internal	Змн.	Арк.		

Якщо величина d_{ij} представляє втрати, то використовується мінімакський критерій, який визначається співвідношенням

$$\min_i(\max_j d_{ij}) \quad (3.5)$$

Вибір рішення за максимінним критерієм може бути інтерпретований наступним чином: до матриці рішень додається додатковий стовпець, який містить найменші значення d_{ir} для кожного рядка. Оптимальними вважаються ті варіанти, для яких значення d_{ir} у цьому стовпці є найбільшими [19].

Вибрані за цим підходом варіанти повністю виключають будь-який ризик. Це означає, що особа, яка приймає рішення (ЛПР), гарантує, що результат не буде гіршим за обраний рівень. Така властивість робить максимінний критерій (ММ-критерій) одним із фундаментальних методів ухвалення рішень.

Застосування ММ-критерію виправдане в умовах, коли:

1. Немає жодної інформації про ймовірність зовнішніх станів T_j ;
2. Потрібно враховувати всі можливі зовнішні стани T_j ;
3. Рішення має бути реалізоване лише один раз;
4. Необхідно повністю виключити будь-який ризик [19].

Таблиця 3.3 – Відносні значення параметрів

№ маршруту	Схема доставки	Час T , дн.	Вартість C , у.о.	Приведена вартість C^* , у.е.
1 (1)	1-2-7-8-9	73	7800	15277,7
1 (2)	1-3-7-8-9	68	10800	14564,4
2 (3)	4-5-7-8-9	83	10300	19668,1
2 (4)	4-6-7-8-9	73	8800	12405,9

КРМ		Арк.			Дата	№
Гомон		46				Підпи
Intern	Intern	Internal	Змн.	Арк.		

Критерій Севіджа заснований на використанні матриці ризиків, елементи якої визначаються по формулі:

$$r_{ji} = V_{ji} - \min_j \{V_{ji}\} \quad (3.6)$$

А далі з них вибирається найбільший. Згідно критерію, рекомендується вибрати ту стратегію, при якій величина ризику приймає найменше значення в найсприятливішій ситуації [24].

$$W = \min_j \max_i \{r_{ji}\} \quad (3.7)$$

Критерій Севіджа прагне пом'якшити консерватизм мінімаксного критерію шляхом заміни матриці платежів (виграшів або програшів) $\|d_{ij}\|$ матрицею втрат $\|a_{ij}\|$, яка визначається таким чином [24]:

$$a_{ij} = \begin{cases} \max_i d_{ij} - d_{ij}, & \text{якщо } d - \text{прибуток} \\ d_{ij} - \min_i d_{ij}, & \text{якщо } d - \text{втрати} \end{cases} \quad (3.8)$$

Далі (для випадку якщо d – прибуток) виділимо стовпець найбільших різниць d_{ir} [19]

$$d_{ir} = \max_j a_{ij} = \max_j (\max_i d_{ij} - d_{ij}) \quad (3.9)$$

З стовпця d_{ir} виділимо елемент з найменшим значенням [24]

$$\min_i d_{ir} = \min_i \max_j (\max_i d_{ij} - d_{ij}) \quad (3.10)$$

Величину a_{ij} можна трактувати як максимальний додатковий виграш, який досягається, якщо в змозі T_j замість варіанту D_i вибрати інший,

КРМ		Арк.			Дата	№
ГОМОН		47				Підпи
Intern	Intern	Internal	Змн.	Арк.		

оптимальний для цього зовнішнього стану варіант. Величину a_{ij} можна інтерпретувати і як втрати (штрафи), що виникають в T_j при заміні оптимального для нього варіанту на варіант D_i . У останньому випадку d_{ir} є максимально можливими (по всіх зовнішніх станах $T_j, j = \overline{1, n}$) втрати у разі вибору варіанту D_i .

Відповідне критерію Севіджа правило вибору для матриці доходів тепер трактується так:

1). Кожен елемент стовпця j матриці рішень $\|d_{ij}\|$ віднімається з найбільшого результату $\max d_{ij}$ відповідного стовпця.

2). Різниці a_{ij} утворюють матрицю залишків $\|d_{ij}\|$. Ця матриця поповнюється стовпцем найбільших різниць d_{ir} . Вибирають ті варіанти, в рядках яких знаходиться найменше для цього стовпця значення.

Вимоги, що пред'являються до ситуації, в якій ухвалюється рішення, збігаються з вимогою до ММ-критерію.

Критерій Гурвиця заснований на двох наступних припущеннях: природа може знаходитися в самому невігідному стані з вірогідністю $(1 - \alpha)$ і в найвігіднішому стані з вірогідністю α ($\alpha = 0,5$), де α – коефіцієнт довіри.

Для визначення шуканого варіанту доставки по критерію Гурвиця слід знайти суму добутків найменшого і найбільшого значень на коефіцієнт довіри $\alpha = 0,5$.

Якщо елементами матриці є втрати, то вибирають дію, яка виконує наступну умову:

$$W = \min[\alpha \min V_{ji} + (1 - \alpha) \max V_{ji}] \quad (3.11)$$

Результати розрахунків та аналіз за всіма критеріями наведені у розділі 4.

КДМ		Арк.			Дата	№
ГОМОН		48				Підпи
Intern	Intern	Internal	Змн.	Арк.		

Тобто, у даному розділі було виконано опис критеріїв оцінки ефективності, які будуть використанні при оцінці ефективності чотирьох маршрутів. А також розраховано час та варієтсь доставки кожного з 4 маршрутів.

<i>КРМ</i>		<i>Арк.</i>			<i>Дата</i>	<i>№</i>
<i>ГОМОН</i>		<i>19</i>				<i>Підпи</i>
<i>Intern</i>	<i>Intern</i>	<i>Internal</i>	<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>		

На основі досліджень, проведених у попередньому розділі, було сформовано кінцеву таблицю з результатами за всіма критеріями (табл. 4.1)

Таблиця 4.1 – Вибір схеми доставки за критеріями ухвалення рішення

№ маршруту	Критерій Лапласа	Критерій Вальда	Критерій Севіджа	Критерій Гурвіця
	$M_j(R)$	$\max(V_{ji})$	$\max(r_{ji})$	$a \min V_{ji} + (1 - a) \max V_{ji}$
1 (1)	1,0672	1,1282	0,1282	1,0641
1 (2)	1,1862	1,3846	0,3846	1,1923
2 (3)	1,3755	1,5854	0,5854	1,4030
2 (4)	1,1017	1,2315	2,2315	1,1157

Згідно отриманому результату, слід вибрати перший варіант, тобто спочатку доставка за маршрутом морським та залізничним транспортом Шанхай – Гданськ – Мостиська-Городок- Тернопіль. Схематичне зображення наведено на рисунку 4.1.

Розглянутий алгоритм планування змішаних перевезень дозволяє на кінцевому етапі отримати найбільш оптимальний з погляду вибраного критерію спосіб доставки вантажів, під яким розуміється вибір не тільки виду транспорту, але і складу логістичних посередників, що притягуються для виконання перевезення.

КДМ		Арк.			Дата	№
ГОМОН		50				Підпи
Intern	Intern	Internal	Змн.	Арк.		

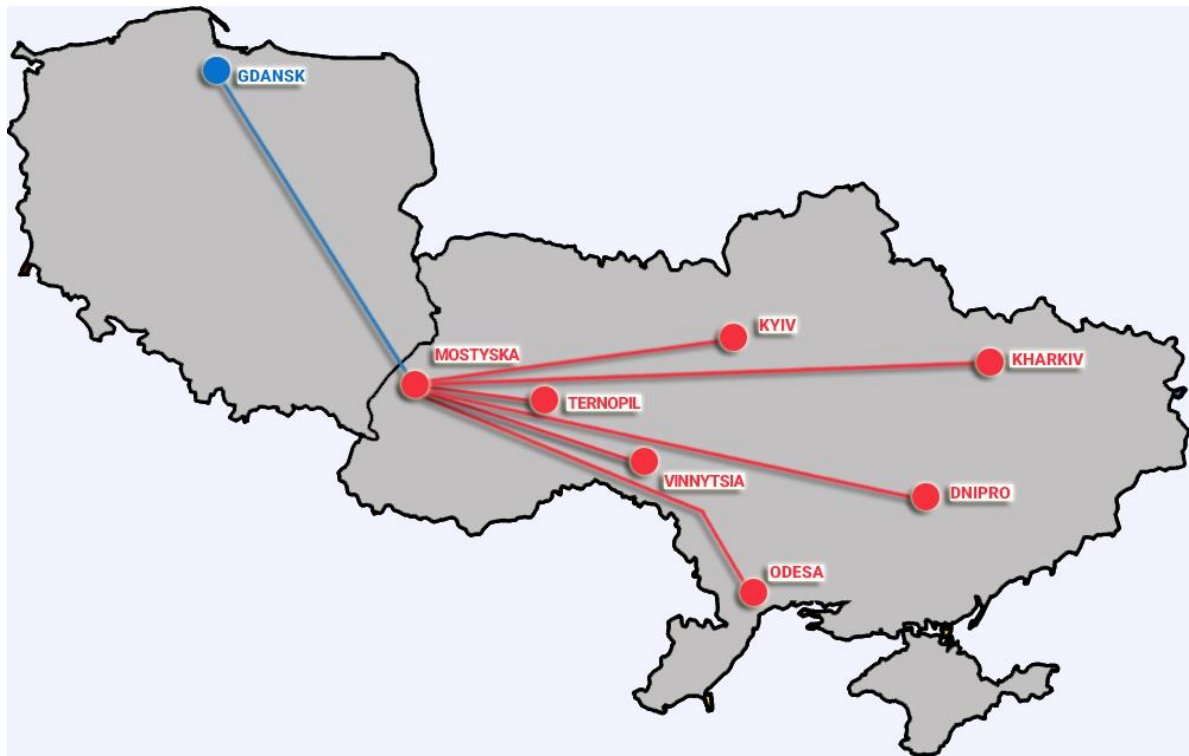


Рисунок 4.1 – Схема руху потягу від порту Гданськ до м. Мостиська [20]

Складемо порівняльні діаграми для наглядності результату (рисунки 4.2-4.5).

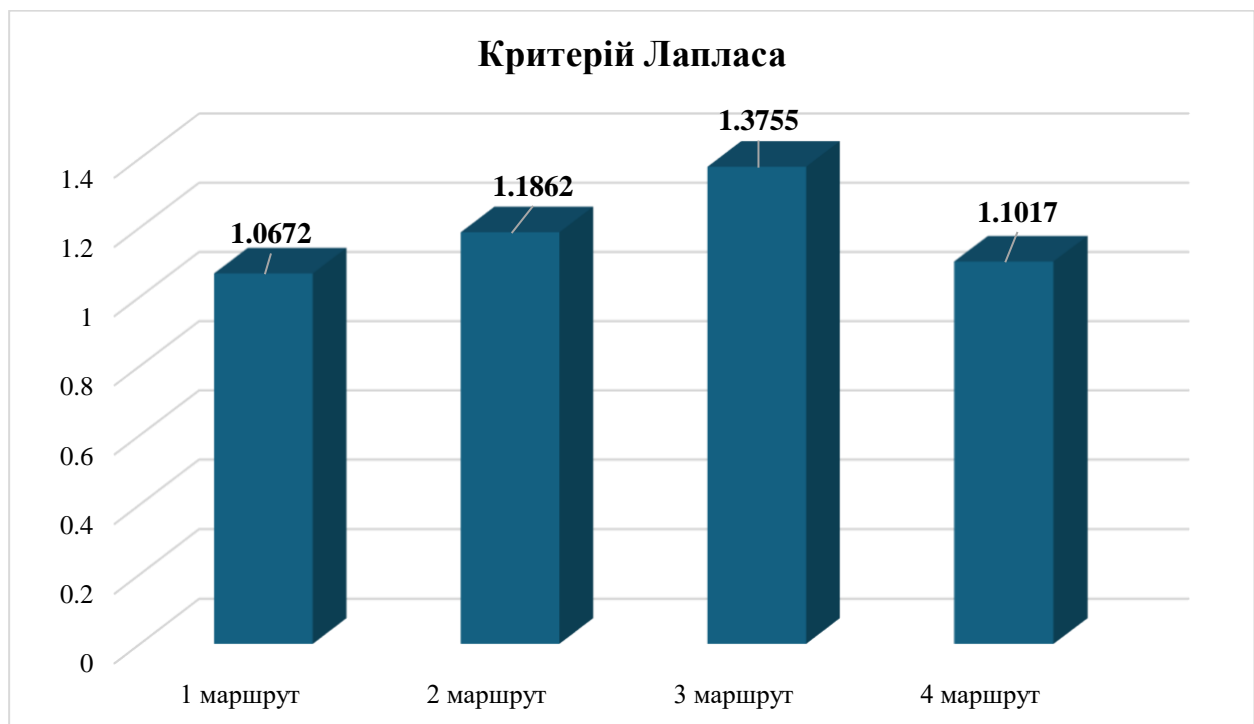


Рисунок 4.2 – Порівняння маршрутів за критерієм Лапласа

КДМ		Арк.			Дата	№
ГОМОН		51				Підпи
Intern	Intern	Internal	Змн.	Арк.		

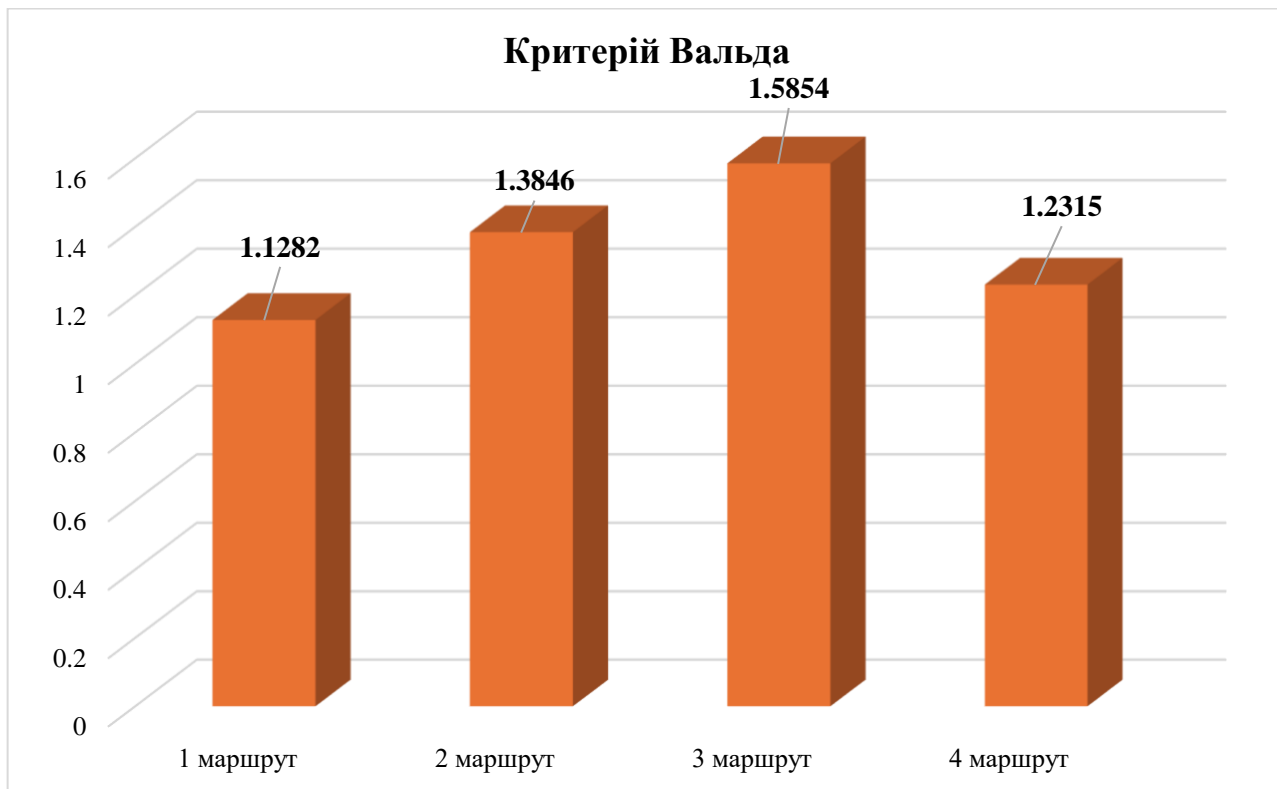


Рисунок 4.3 – Порівняння маршрутів за критерієм Вальда



Рисунок 4.4 – Порівняння маршрутів за критерієм Севіджа

КДМ		Арк.			Дата	№
Гомон		52				Підпи
Intern	Intern	Internal	Змн.	Арк.		

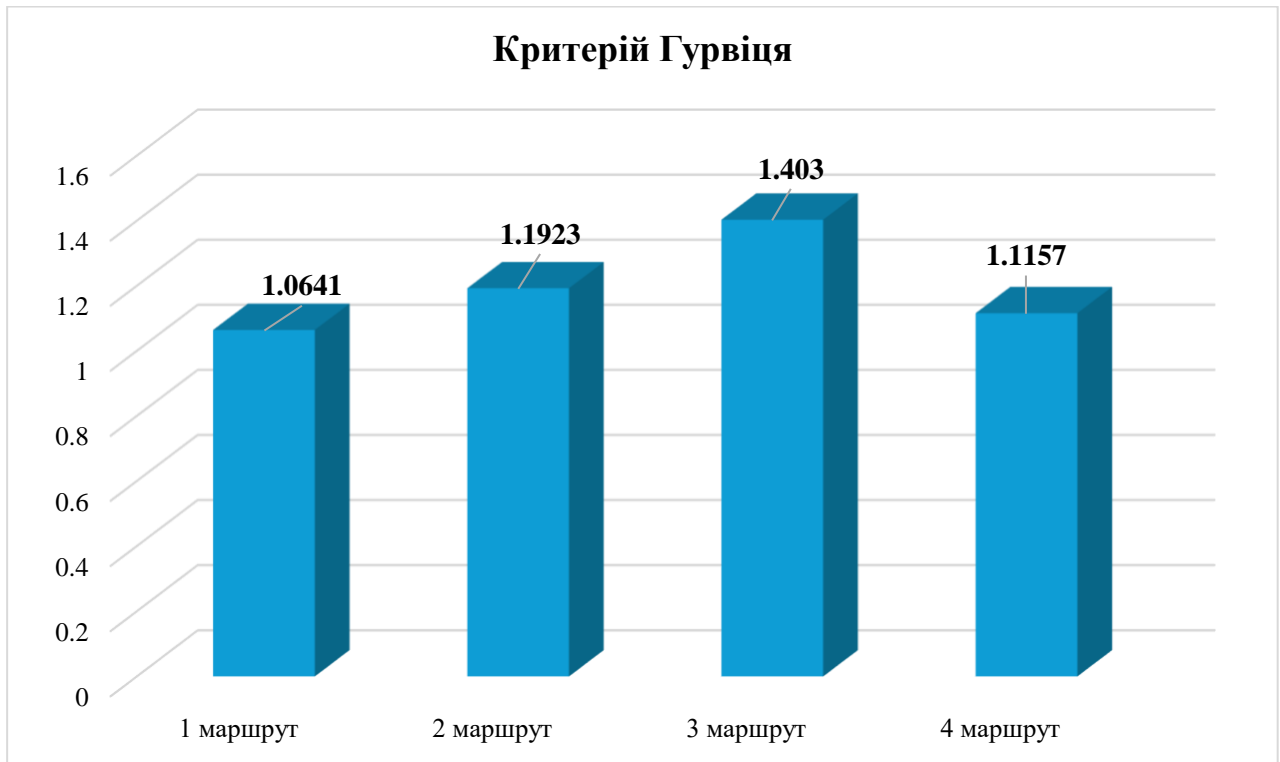


Рисунок 4.5 – Порівняння маршрутів за критерієм Гурвіця

Розглянутий алгоритм планування змішаних перевезень забезпечує можливість визначення оптимального способу доставки вантажів, враховуючи вибраний критерій оцінки. Це включає не лише вибір виду транспорту, але й залучення відповідних логістичних посередників для виконання перевезення.

На основі проведених розрахунків встановлено, що перший варіант доставки є найбільш доцільним, оскільки забезпечує найнижчі показники за обраними критеріями. Зокрема, оптимальним є маршрут, що передбачає використання морського та залізничного транспорту: Шанхай – Гданськ – Мостиська-Городок – Рівне. Такий вибір маршруту дозволяє мінімізувати витрати часу та ресурсів, забезпечуючи високу ефективність перевезення.

КДМ		Арк.			Дата	№
ГОМОН		53				Підпи
Intern	Intern	Internal	Змн.	Арк.		

ВИСНОВКИ

У даній кваліфікаційній роботі магістра було виконано підвищення ефективності міжнародних вантажних перевезень за напрямом Китай-Україна.

У першому розділі було проаналізовано статистичні дані щодо вантажних перевезень товарів у міжнародному сполученні.

Морські перевезення. За даними Української асоціації морських портів, морські перевезення становили приблизно 60% загального обсягу вантажопотоку з Китаю до України. У 2021 році через українські порти було доставлено близько 3,4 млн тонн вантажів із Китаю, включаючи електроніку, одяг, текстиль, медичне обладнання та побутову техніку. Серед основних операторів можна виділити такі компанії, як Maersk, MSC, COSCO Shipping та Evergreen, які є світовими лідерами в контейнерних перевезеннях. Популярними портами для обробки таких вантажів були Одеса, Чорноморськ і Південний, через які щомісяця проходили десятки тисяч контейнерів з Китаю.

Залізничні перевезення займали приблизно 25% обсягу перевезень у 2021 році, однак їхній показник значно зменшився у 2022-2023 роках через нестабільність і зміну маршрутів. До війни залізничний маршрут проходив через територію Росії та Білорусі і забезпечував доставку протягом 14-18 днів, тоді як морські перевезення займали до 40 днів. Альтернативні маршрути, такі як Транскаспійський міжнародний транспортний маршрут, допомогли зберегти залізничне сполучення, але час доставки збільшився до 20-30 днів.

Автомобільні перевезення мали меншу частку, орієнтовно 5-8% від загального обсягу. Вони застосовувались в основному для доставки термінових або цінних вантажів з хабів у країнах Східної Європи до України.

У 2022 році війна в Україні мала значний вплив на міжнародні вантажні перевезення. Кількість контейнерів (TEU): обсяги перевезень зменшились на 30-40% у порівнянні з 2021 роком, що становило близько 120-140 тисяч TEU.

Однак, у 2023 році стабілізація морських перевезень і адаптація українського ринку до умов війни частково відновили обсяги контейнерних

<i>КДМ</i>	<i>Арк.</i>								<i>№</i>
<i>Гомон</i>	<i>54</i>							<i>Дата</i>	<i>Підпи</i>
<i>Intern</i>	<i>Intern</i>	<i>Internal</i>	<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>					

поставок. Кількість контейнерів (TEU): близько 150 тисяч TEU було доставлено до Одеси. Основні товари: техніка, обладнання, електроніка, меблі та побутові товари. Зниження тарифів: порівняно з піковими значеннями 2021 року тарифи на морські перевезення поступово знижувалися, хоча вони залишаються вищими за довоєнний рівень.

Також у даному розділі було описано наукові праці та конференції, присвячені транспортно-логістичним системам на маршруті Китай-Україна, в яких підкреслено важливість удосконалення інфраструктури, цифровізації та гармонізації митних процедур. Значний акцент робиться на мультимодальних перевезеннях, екологічній стійкості та інтеграції інноваційних рішень у логістику. Усі ці аспекти формують базу для подальшого розвитку транспортного коридору, що має стратегічне значення для міжнародної торгівлі.

Другий розділ присвячений побудові математичної моделі задачі та пошуку оптимального збірного маршруту перевезень з 5 міст Китаю до порту Шанхай, звідки буде відбуватись морська доставка. Для цього необхідно було створити початкову матрицю перевезень та проводити операції редукції або приведення матриці по рядках (для чого необхідно в кожному рядку матриці D знайти мінімальний елемент). Як результат було отримано наступний маршрут: (1,6), (6,2), (2,5), (5,3), (3,4), (4,1), довжина якого складає 2660 км.

У третьому розділі було описано поняття сітьової моделі та описано хід розрахунку оптимального маршруту з Китаю до України. Для планування змішаних перевезень вантажів доцільно застосовувати сітьові моделі, які є важливим класом оптимізаційних задач, тісно пов'язаних із календарним плануванням. Суть задач сітьового планування полягає у створенні раціонального плану виконання складного комплексу робіт, що включає взаємозалежні елементарні операції. Взаємна залежність визначається тим, що виконання деяких операцій є можливим лише після завершення певних опорних робіт.

Основою для сітьового планування є структурна таблиця, яка включає:

- перелік елементарних робіт комплексу;

КРМ		Арк.			Дата	№
Гомон		55				Підпи
Intern	Intern	Internal	Змн.	Арк.		

- залежності між елементарними роботами (які роботи є опорними);
- час, необхідний для виконання кожної роботи.

Як результат було розроблено технологічну схему доставки вантажу з використанням декількох видів транспорту. Було створено маршрути через порт Польщі – Гданськ та Румунії – Константи. По наземній доставці України було розглянуто варіант доставки з використанням взаємодії залізничного та автомобільного видів транспорту та лише автомобільного (контейнеровоз).

Також зазначено опис критеріїв оцінки ефективності, які будуть використанні при оцінці ефективності чотирьох маршрутів, а саме Вальда, Гурвіця, Севіджа та Лапласа.

У четвертому розділі наведено аналіз отриманих результатів розрахунку. Згідно отриманому результату, слід вибрати перший варіант, тобто спочатку доставка за маршрутом морським та залізничним транспортом Шанхай – Гданськ – Мостиська-Городок- Тернопіль.

Розглянутий алгоритм планування змішаних перевезень дозволяє на кінцевому етапі отримати найбільш оптимальний з погляду вибраного критерію спосіб доставки вантажів, під яким розуміється вибір не тільки виду транспорту, але і складу логістичних посередників, що притягуються для виконання перевезення.

Зазначені дослідження демонструють потенціал розвитку перевезень між Китаєм і Україною за рахунок інтеграції інноваційних рішень у транспортну інфраструктуру та управління логістикою.

Робота щодо підвищення ефективності міжнародних вантажних перевезень між Китаєм і Україною може бути використана у таких сферах:

- Транспортно-логістичні компанії. Дослідження допоможуть компаніям, що займаються перевезеннями, оптимізувати маршрути, знижувати витрати на паливно-мастильні матеріали, покращувати митні процедури і підвищувати ефективність мультимодальних перевезень. Це особливо корисно для компаній, що працюють із великими вантажопотоками між Китаєм і Україною.

<i>КРМ</i>		<i>Арк.</i>			<i>Дата</i>	<i>№</i>
Гомон		56				<i>Підпи</i>
Intern	Intern	Internal	<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>		

- Міжнародна торгівля. Торгові організації можуть використовувати результати для планування своїх поставок, зменшення часу доставки товарів і покращення транспортування у рамках транспортних коридорів, таких як Новий Шовковий шлях. Це забезпечить ефективніше функціонування ланцюгів постачання.

- Державне управління та регуляція. Для урядових органів та інституцій дослідження може бути корисним для розробки стратегій розвитку інфраструктури, вдосконалення митного регулювання, створення логістичних хабів і транспортних коридорів. Це також сприяє міжнародній інтеграції транспортних систем.

- Освітні та наукові установи. Академічні заклади можуть використовувати цю роботу як базу для подальших досліджень у сфері міжнародної логістики, мультимодальних перевезень та інтеграції цифрових рішень у транспортну галузь.

- Інвестори. Дослідження може зацікавити інвесторів, які шукають перспективні можливості для фінансування розвитку транспортної інфраструктури або нових технологій у логістиці.

Таким чином, результати роботи можуть впливати на покращення економічної ефективності, розширення міжнародного співробітництва та оптимізацію логістичних процесів.

<i>КДМ</i>		<i>Арк.</i>			<i>Дата</i>	<i>№</i>
Гомон		57				Підпи
Intern	Intern	Internal	<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Міжнародні перевезення між Китаєм та Україною: веб-сайт. URL:
https://www.google.com/search?sca_esv=c5d51d36d3e24420&sxsrf=ADLYWIIgVhHWnc-2M29IDmXSgnZUCAnlJQ:1731857088279&q=%D0%9C%D1%96%D0%B6%D0%BD%D0%B0%D1%80%D0%BE%D0%B4%D0%BD%D1%96+%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%B2%D0%B5%D0%B7%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8F+%D0%BC%D1%96%D0%B6+%D0%9A%D0%B8%D1%82%D0%B0%D1%94%D0%BC+%D1%82%D0%B0+%D0%A3%D0%BA%D1%80%D0%B0%D1%97%D0%BD%D0%BE%D1%8E&udm=2&fbs=AEQNm0Cjmfui-wh8X_MyYW04R9TpVEjM921EVm8gEo8qrnR20NwahVYfo9Z3uCCRuE7SPGZJsHPwa-iIgeqHiqR1uaESp3nM_U79YiFIYsPu7HSodr_-xXehbcKzcBFTJvX-2ZZgkzt2KMK6lJN0Q4s4rz4wD--dt27xF-k20azyrvrf3mLb8g2fDfFLkHkov7Q9HcbDg12zEEafcgH-xNrNiC9SoMcbciL7L7xemn4pI6VbD8wCJTck9JtPMwUmxkeZ--SLW6&sa=X&ved=2ahUKEwjqvBG01uOJAxUvBNsEHfRTGRUQtKgLegQIGBAV&biw=1470&bih=831&dpr=2#vhid=Zk35n1CK9505xM&vssid=mosaic
2. Українська асоціація морських портів: веб-сайт. URL:
<https://www.uspa.gov.ua/>
3. Державна служба статистики України: веб-сайт. URL:
<https://www.ukrstat.gov.ua/>
4. UN Comtrade Database: веб-сайт. URL:
https://tradedatamonitor.com/?gad_source=1&gclid=CjwKCAiAmfq6BhAsEiwAX1jsZ9VykHzuKTU-WnWRbGGSburhyL9B8oFcrutBGirWBn4okMY7NqJaFYhoCszgQAvD_BwE
5. Інститут економіки та прогнозування НАН України: веб-сайт. URL:
<http://ief.org.ua/>
6. Журнал «Forbes Україна: веб-сайт. URL: <https://forbes.ua/magazine>
7. Alphaliner: веб-сайт. URL: <https://x.com/alphaliner>

<i>КДМ</i>		<i>Арк.</i>			<i>Дата</i>	<i>№</i>
<i>Гомон</i>		<i>58</i>				<i>Підпи</i>
<i>Intern</i>	<i>Intern</i>	<i>Internal</i>	<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>		

8. Російські війська атакували порт Одеси: веб-сайт. URL: <https://rus.delfi.lv/57862/abroad/120045433/rossiyskie-voyska-atakovali-port-odessy-odna-iz-raket-popala-v-grazhdanskoe-sudno>

9. В Одесі ракета потрапила по цивільному судну: веб-сайт. URL: <https://www.dw.com/ru/vo-vrema-obstrela-rf-v-odesse-raketa-popala-po-grazdanskomu-sudnu/a-70430388>

10. Торговельно-економічне співробітництво між Україною та Китаєм: веб-сайт. URL: <https://china.mfa.gov.ua/spivrobotnictvo/186-torgovelyno-jekonomichne-spivrobotnictvo-mizh-ukrajinoju-ta-kitajem/torgivlya-ta-investiciyi>

11. Maersk, MSC, COSCO Shipping: веб-сайт. URL: <https://mum-net.com.ua/en/bitva-titanov-maersk-msc-cosco/>

12. Коваленко О.М. «Роль Транс'євразійського транспортного коридору у розвитку логістики між Китаєм та ЄС»: веб-сайт. URL: <https://oarp.nau.edu.ua/storage/2023/09/Zbirka-tez-dopovidej-Polit-FTML.pdf>

13. Петров С.В. «Логістичні вузли в системі Китай-Україна-ЄС: перспективи розвитку»: веб-сайт. URL: <https://irbis-nbuv.gov.ua/>

14. Інституційний репозитарій: веб-сайт. URL: <https://ir.lib.vntu.edu.ua/>

15. Researchgate: веб-сайт. URL: <https://www.researchgate.net/>

16. Logistics Innovation Forum: веб-сайт. URL: <https://logist.fm/publications/pidsumki-logistics-innovation-forum-2024>

17. Гугл-карти: веб-сайт. URL: https://www.google.com/maps/?Стан_відновлення_інфраструктури: веб-сайт. URL: <https://mtu.gov.ua/>

18. 40-футовий контейнер: веб-сайт. URL: <https://bulava.ua/ru/category/morskie-kontejnery/40-futov/>

19. Дослідження методів розкриття ситуаційної невизначеності в задачах системного аналізу: веб-сайт. URL: <https://learn.ztu.edu.ua/mod/resource/view.php?id=135262> Стан_відновлення_інфраструктури: веб-сайт. URL: <https://mtu.gov.ua/>

20. З'явився вантажний залізничний маршрут з Гданська в Україну. Це частина нового транспортного проекту.: веб-сайт. URL:

КДМ	Арк.								№
Гомон	59								Підпи
Intern	Intern	Internal	Змн.	Арк.					

<https://www.village.com.ua/village/city/city-news/308025-z-yavivsyia-vantazhniy-zaliznichniy-marshrut-z-gdanska-v-ukrayinu-tse-chastina-novogo-transportnogo-proektu>

<i>КДМ</i>	<i>Арк.</i>			<i>Дата</i>	<i>№</i>
<i>ГОМОН</i>	<i>60</i>				<i>Підпи</i>
Intern	Intern	Internal	<i>ЗМН.</i>		<i>Арк.</i>

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УНІВЕРСИТЕТ МИТНОЇ СПРАВИ ТА ФІНАНСІВ

ГРАФІЧНІ МАТЕРІАЛИ

ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ МАГІСТРА

на тему:

**«ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ МІЖНАРОДНИХ
КОНТЕЙНЕРНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ У ЗМІШАНОМУ СПОЛУЧЕННІ»**

студентки групи Т23-1м
ГОМОНА ВЛАДИСЛАВА ОЛЕГОВИЧА

Спеціальність 275 Транспортні технології
(на автомобільному транспорті)

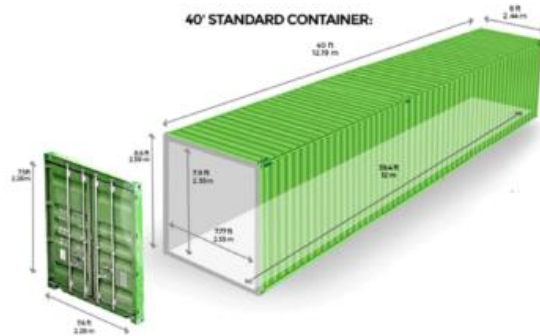
Керівник кваліфікаційної роботи магістра:
кандидат технічних наук, доцент,
кафедри транспортних технологій та
міжнародної логістики
Шаповалов О.В.

(підпис)

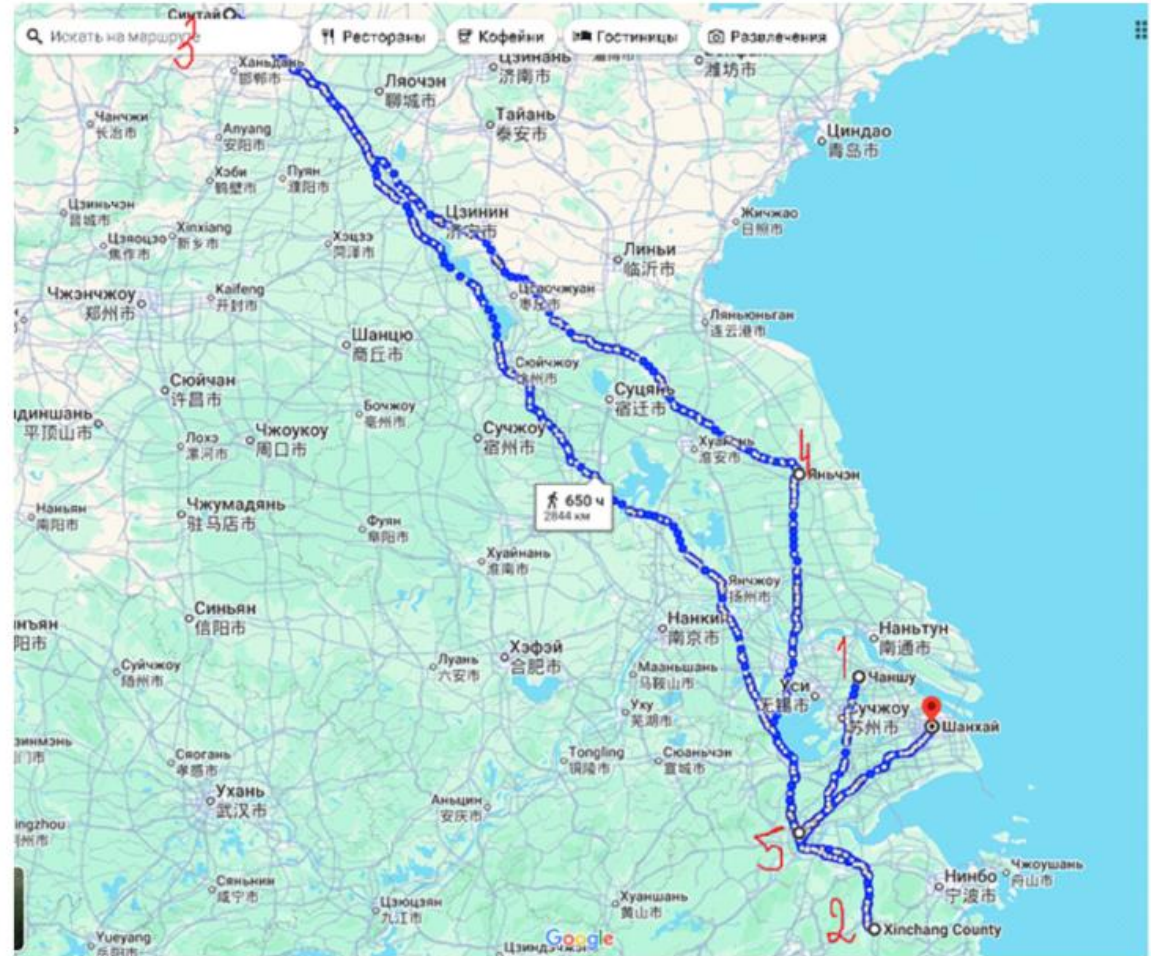
Дніпро
2025

ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ. РОЗРОБКА МІЖНАРОДНОГО МАРШРУТУ

Схематичне зображення 40-футового контейнера



Карта розташування міст завантаження та порту відправлення Шанхай



Адреси постачальників та габарити вантажу

№ постачальника	Адреса завантаження	Габарити вантажу
1	Changshu City, Jiangsu Province	14 коробів, 11.433 cbm, 8621 кг
2	Xinchang, 312500 Zhejiang province	1 короб, 0,4 cbm, 447 кг
3	Xingtai, Hebei province	129 коробів, 6,875 cbm, 1682,82 кг
4	Yancheng City, Jiangsu Province	<ul style="list-style-type: none"> • 11 палет, 8.24cbm, 10500kg • 9 палет (1.15*0.71*0.84m кожні) • 2 палети (1.1*1*0.94m кожні)
5	Xinjie Town, Xiaoshan District, Hangzhou, Zhejiang	<ul style="list-style-type: none"> • 12 палет, 14.99cbm, 9358 кг • 10 палет (1,14*1,14*1m кожні) • 1 палета(1,14*1,14*1,2m) • 1 палета (1,08*0.8*0.5m)

Найкоротші відстані між містами постачальниками та та портом завантаження Шанхай

	Чаншу	Чжецзян	Сінгай	Яньчен	Ханчжоу	Шанхай
Чаншу	x	264	1000	249	198	103
Чжецзян	264	x	1237	472	144	242
Сінгай	1000	1237	x	815	1097	1088
Яньчен	249	472	815	x	412	306
Ханчжоу	198	144	1097	412	x	176
Шанхай	103	242	1088	306	176	x

					KPM 275 09 Г4		
Відп. Дир.	М. Дир.	Тр. Дир.	Інж.	Інст.	Габаритна пропускна спроможність міжнародної транспортної системи за маршрутом Київ-Україна-Габаритний чернетка		
Відп. Дир.	М. Дир.	Тр. Дир.	Інж.	Інст.	Висота	1250	
Відп. Дир.	М. Дир.	Тр. Дир.	Інж.	Інст.	Датум	21 лютого 2024	
Відп. Дир.	М. Дир.	Тр. Дир.	Інж.	Інст.	УМФ Ф. зр. Т23-1м		

РЕЗУЛЬТАТИ РОЗРАХУНКУ ОПТИМАЛЬНОГО МАРШРУТУ ПІДВЕЗЕННЯ ВАНТАЖІВ ДО ПОРТУ ШАНХАЙ МЕТОДОМ КОМІВОЯЖЕРА

Операція редукції

ij	1	2	3	4	5	6	d _i
1	M	264	1000	249	198	103	103
2	264	M	1237	472	144	242	144
3	1000	1237	M	825	1097	1088	825
4	249	472	825	M	412	306	249
5	198	144	1097	412	M	176	144
6	103	242	1088	306	176	M	103

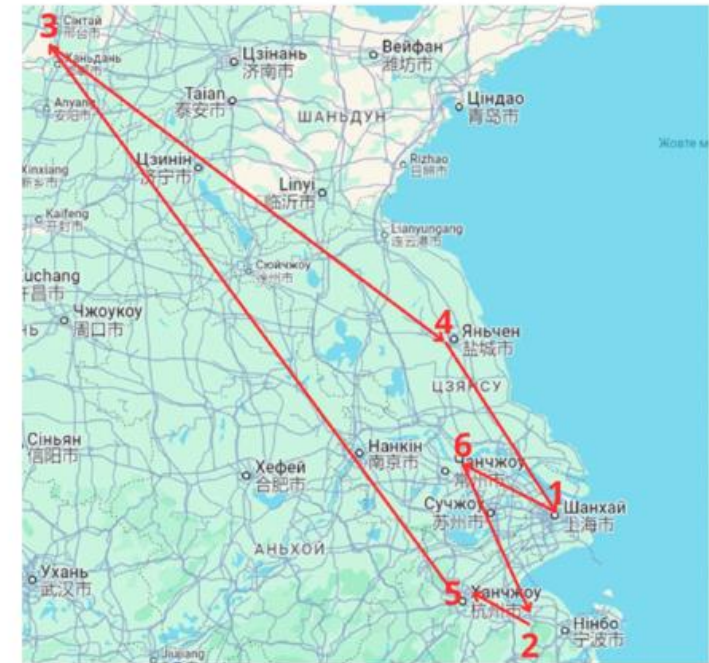
Віднімання d_i з елементів рядка, що розглядається

ij	1	2	3	4	5	6
1	M	161	897	146	95	0
2	120	M	1093	328	0	98
3	175	412	M	0	272	263
4	0	223	576	M	163	57
5	54	0	953	268	M	32
6	0	139	985	203	73	M

Включення ребра (4,1)

ij	2	3	6	d _i
1	22	0	0	0
5	M	24	0	0
6	0	88	M	0
d _j	0	0	0	0

Отриманий маршрут перевезення



Заміна елементів матриці

ij	1	2	3	4	5	6	d _i
1	M	161	321	146	95	0(127)	95
2	120	M	517	328	0(171)	98	98
3	175	412	M	0(321)	272	263	175
4	0(0)	223	0(321)	M	163	57	0
5	54	0(171)	377	268	M	32	32
6	0(73)	139	409	203	73	M	73
d _j	0	139	321	146	73	32	0

Визначення ребра розгалуження

ij	2	3	6	d _i
1	22	M	0(22)	22
5	M	24	0(24)	24
6	0(110)	88	M	88
d _j	22	0	0	0

Виключення ребра (6,2)

ij	2	3	6	d _i
1	22	M	0	0
5	M	24	0	0
6	M	88	M	88
d _j	22	24	0	134

Включення ребра (6,2)

ij	3	6	d _i
1	M	0	0
5	24	0	0
d _j	24	0	24

У результаті по дереву гілкувань гамільтонів цикл утворюють ребра: (1,6), (6,2), (2,5), (5,3), (3,4), (4,1),
Довжина маршруту дорівнює $F(Mk) = 2660$

КРМ 275 09 ГЧ		Лист 1	Лист 1	Лист 1
№ документа	№ документа	№ документа	№ документа	№ документа
Відомості про виконавця	Відомості про виконавця	Відомості про виконавця	Відомості про виконавця	Відомості про виконавця
Відомості про виконавця				1,250
Відомості про виконавця				Лист 1 / Лист 1
Відомості про виконавця				ЧМСФ зр. 123-м

РОЗРОБКА СІТЬОВОЇ МОДЕЛІ ДЛЯ ПОБУДОВИ МІЖНАРОДНОГО МАРШРУТУ

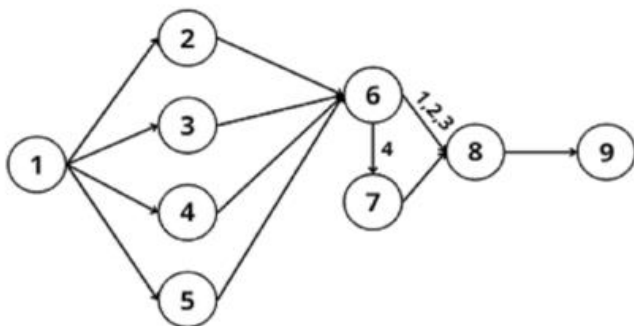
Технологічна схема доставки вантажу з використанням декількох видів транспорту



Роботи з доставки вантажів за напрямком Нінбо (Китай) – Тернопіль (Україна)

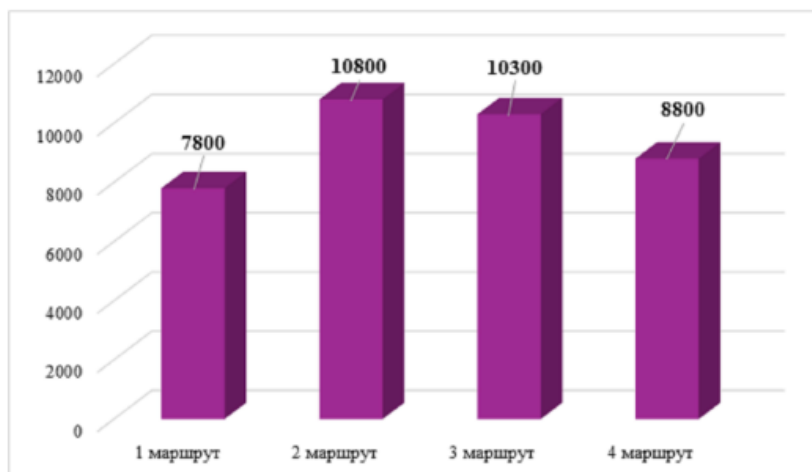
	Характеристика роботи	Вартість, USD	Час, дн
1	Доставка за всім маршрутом морським транспортом Шанхай-Гданськ	5500	50
2	Доставка за маршрутом – Гданськ – Мостиська-Городок- Рівне (залізничний вид транспорту)	2000	20
3	Доставка за маршрутом автомобільним транспортом (перетарювання вантажу) за маршрутом Гданськ – Городок – Рівне	5000	15
4	Доставка за всім маршрутом морським транспортом Шанхай-Константа	6500	60
5	Доставка морським та автомобільним транспортом (контейнеровозом) за маршрутом Шанхай– Константа–Городок – Рівне	3500	10
6	Доставка за всім маршрутом морським та залізничним, автомобільним транспортом Шанхай – Константа – Мостиська-Городок- Рівне	2000	20
7	Перевантаження на інший вид транспорту	200	1
8	Розмитнення в м. Городок	100	1
9	Розвантаження	-	1

Сітвовий графік схем доставки вантажів по маршруту

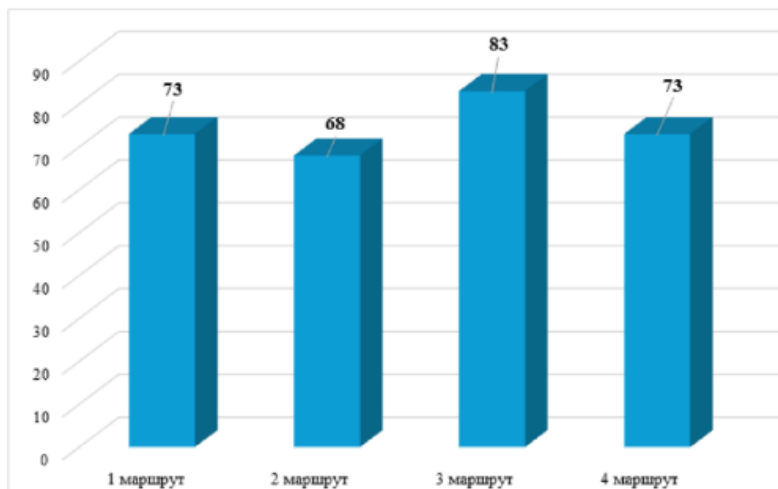


РЕЗУЛЬТАТИ РОЗРАХУНКУ ПАРАМЕТРІВ ДЛЯ РІЗНИХ СХЕМ ДОСТАВКИ ВАНТАЖІВ З КИТАЮ ДО УКРАЇНИ

Вартість варіантів маршрутів у доларах США



Час доставки різних варіантів маршрутів у днях США



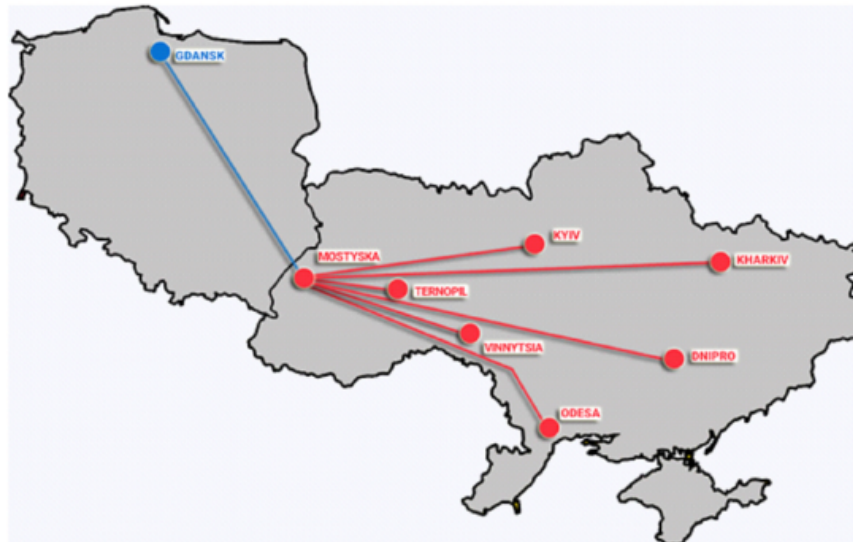
Результати розрахунку параметрів для різних схем доставки

Характеристика роботи	Вартість, \$.	Час, дн.
Доставка за всім маршрутом морським та залізничним, автомобільним транспортом Шанхай – Гданськ – Мостиська-Городок – Рівне	7800,00	73,00
Доставка морським та автомобільним транспортом (Автодоставка з перетаркою, повне та збірне авто) Нінбо – Гданськ – Городок – Тернопіль	10800,00	68,00
Доставка морським та автомобільним транспортом (контейнеровозом) за маршрутом Шанхай– Константа– Городок – Рівне	10300,00	83,00
Доставка за всім маршрутом морським та залізничним, автомобільним транспортом Шанхай – Константа – Мостиська-Городок – Рівне	8800,00	73,00

				КРМ 275 09 Г4	
№м. деп.	№ докум.	Дата	Лист	Маса	Місця
Розраб.	Стор.	Вибр.	Дет.	1,250	
Група	Матеріал			Лист 6 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8	
Розраб.	Матеріал			УМЦФ, гр. Т23-1м	
Розраб.	Матеріал				
Група	Матеріал				

ВИБІР СХЕМИ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ВАНТАЖІВ ЗА КРИТЕРІЯМИ УХВАЛЕННЯ РІШЕННЯ В УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ

Схема руху потягу від порту Гданськ до м. Мостиська



Вибір схеми доставки за критеріями ухвалення рішення

№ маршруту	Критерій Лапласа	Критерій Вальда	Критерій Севіджа	Критерій Гурвіця
	$M_j(R)$	$\max(V_{ji})$	$\max(r_{ji})$	$a \min V_{ji} + (1 - a) \max V_{ji}$
1 (1)	1,0672	1,1282	0,1282	1,0641
1 (2)	1,1862	1,3846	0,3846	1,1923
2 (3)	1,3755	1,5854	0,5854	1,4030
2 (4)	1,1017	1,2315	2,2315	1,1157

Відносні значення параметрів

№ маршруту	Схема доставки	Час T , дн.	Вартість C , у.о.	Приведена вартість C^* , у.е.
1 (1)	1-2-7-8-9	73	7800	15277,7
1 (2)	1-3-7-8-9	68	10800	14564,4
2 (3)	4-5-7-8-9	83	10300	19668,1
2 (4)	4-6-7-8-9	73	8800	12405,9

Згідно отриманому результату, слід вибрати перший варіант, тобто спочатку доставка за маршрутом морським та залізничним транспортом Шанхай - Гданськ - Мостиська - Городок - Тернопіль

КРМ 275 09 ГЧ

Ліцензійна діяльність міжнародних вантажних перевезень за маршрутом Китай-Україна Габриєлівський черепок

Лист № 7 / 2020 від 8

УМЦФ, зр. Т23-1м

Лист № 7 / 2020 від 8 / 2020

ПОРІВНЯННЯ МАРШРУТІВ ЗА КРИТЕРІЯМИ ЛАПЛАСА, ВАЛЬДА, СЕВІДЖА ТА ГУРВІЦЯ

Порівняння маршрутів за критерієм Лапласа



Порівняння маршрутів за критерієм Гурвіця



Порівняння маршрутів за критерієм Вальда



Порівняння маршрутів за критерієм Севіджа



На основі проведених розрахунків встановлено, що перший варіант доставки є найбільш доцільним, оскільки забезпечує найнижчі показники за обраними критеріями. Зокрема, оптимальним є маршрут, що передбачає використання морського та залізничного транспорту: Шанхай-Гданськ-Мостиська-Городок-Рівне. Такий вибір маршруту дозволяє мінімізувати витрати часу та ресурсів, забезпечуючи високу ефективність перевезення.

				КРМ 275 09 ГЧ			Лист	Масштаб
№ з/п	№ докум.	Лист	Дата	Головний вартівник				1,250
Розроб.	Стор.	Модифікація		до проекту				
Лист	Модифікація			до проекту				
Головн.	Модифікація			до проекту				
Рис.	Модифікація			до проекту				
Проєкт.	Модифікація			до проекту				
Стор.	Модифікація			до проекту				
				УМГ Ф. зр. Т23-14				

Лист 1 з 1
Лист 2 з 2
Лист 3 з 3
Лист 4 з 4
Лист 5 з 5
Лист 6 з 6
Лист 7 з 7
Лист 8 з 8
Лист 9 з 9
Лист 10 з 10
Лист 11 з 11
Лист 12 з 12
Лист 13 з 13
Лист 14 з 14
Лист 15 з 15
Лист 16 з 16
Лист 17 з 17
Лист 18 з 18
Лист 19 з 19
Лист 20 з 20
Лист 21 з 21
Лист 22 з 22
Лист 23 з 23
Лист 24 з 24
Лист 25 з 25
Лист 26 з 26
Лист 27 з 27
Лист 28 з 28
Лист 29 з 29
Лист 30 з 30
Лист 31 з 31
Лист 32 з 32
Лист 33 з 33
Лист 34 з 34
Лист 35 з 35
Лист 36 з 36
Лист 37 з 37
Лист 38 з 38
Лист 39 з 39
Лист 40 з 40
Лист 41 з 41
Лист 42 з 42
Лист 43 з 43
Лист 44 з 44
Лист 45 з 45
Лист 46 з 46
Лист 47 з 47
Лист 48 з 48
Лист 49 з 49
Лист 50 з 50
Лист 51 з 51
Лист 52 з 52
Лист 53 з 53
Лист 54 з 54
Лист 55 з 55
Лист 56 з 56
Лист 57 з 57
Лист 58 з 58
Лист 59 з 59
Лист 60 з 60